農業化學

土壤資源調查及環境監測

臺灣土壤資源資訊建置 107 年進行花蓮縣 (部分)、臺東縣 (部分)、金門縣、澎湖縣及馬祖地區合計 2,900 平方公里之土壤資源資料更新建置，進行土鑽 14,954 點觀測及 3,158 點迷你剖面採樣與 634 處大剖面調查。土壤樣品分析包括：土壤質地 11,000 筆，飽和導水度測定 11,463 筆，土壤總體密度密度分析 5,431 筆，砂箱法水分特性曲線 19,400 筆，土壤團粒穩定度測定 13,500 筆，土壤散樣水分特性分析 3,300 筆，土壤剖面盒拍照 19,228 筆以及 17,047 筆一般土壤化學性質試驗。大剖面土壤樣品則每個土壤樣品包含 13 項分析，27 個測值資料及土壤相關的特殊試驗。107 年繪製 1,099 平方公里之土壤地文圖，共 155 幅 5 k 圖幅之平地、坡地地區土壤圖，如圖 5-1 所示。辦理土壤資源及農地土地覆蓋圖資資訊應用教育訓練以及圖資推廣與應用教育訓練共計 6 場，對象包括政府單位人員、學校教師或學生。97 年至 107 年已提供圖資給農委會各單位在政府重大政策方案之決策支援及一般業務應用，另外也提供圖資給環保署、水利署水規所等單位於相關業務應用，並提供圖資給多所大專院校及科技部國家災害防救中心等學術單位供水土資源資料庫建置、土壤碳匯、集水區管理、氣象預報模式等業務相關應用及學術研究。

砷潛在污染農地土壤及作物濃度調查及改善措施研究 砷被國際癌症研究機構 (IARC) 列為第一級致癌物，食用稻米被認為是人體暴露砷的主要途徑之一。因此，如何降低稻米對砷的累積為近年來備受重視的議題。由於我國西南沿海屬地下水砷含量高的風險區，加上稻米為我國重要的糧食作物，為了確保農產品安全，衛福部食藥署已於 107 年正式公告白米 (無機砷濃度 0.2 mg kg^{-1}) 及糙米 (無機砷濃度 0.35 mg kg^{-1}) 砷濃度限量標準，並於 108 年實施。因過去國內未針對食用作物砷濃度訂定限量標準，故國內較缺乏砷潛在污染農地稻米砷物種調查及田間管理試驗之資料。本研究結果指出，12 個試驗品種中，秈稻品種糙米砷累積濃度 (平均 0.21 mg kg^{-1}) 普遍低於稉稻品種 (平均0.27 mg kg^{-1})，此結果與稻穀鎘累積的趨勢相反，

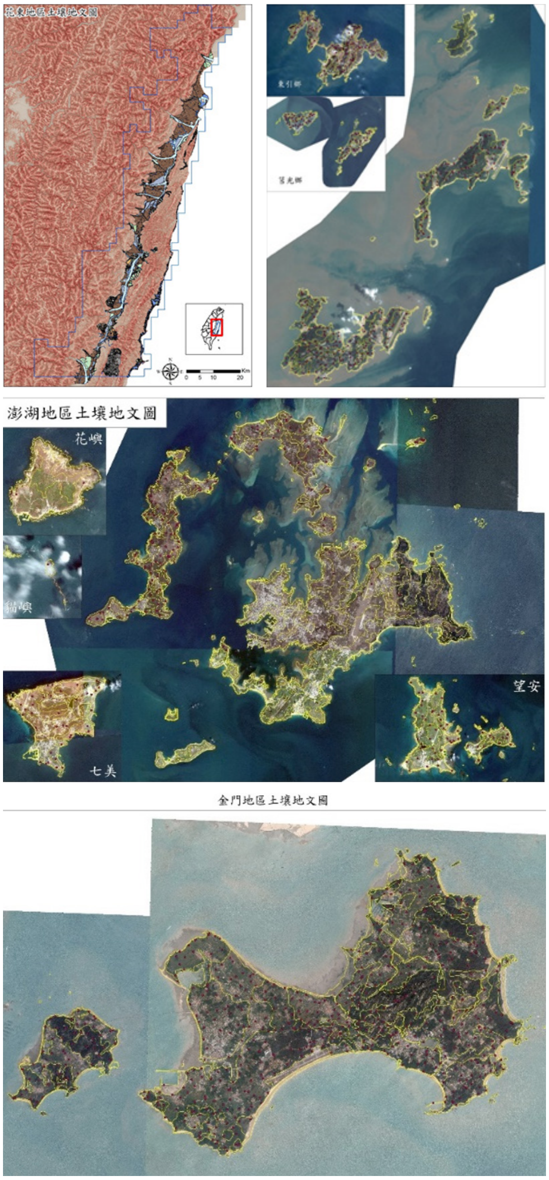


圖 5-1 107 年度土壤地文圖。

值得進一步探討其原因。施用矽酸鈣改良試驗結果顯示，該方法可降低部分稉稻品種 (台稉 9 號、台稉 16 號) 糙米中砷的累積，並且不影響稻穀產量，代表施用矽肥來降低稻穀砷累積，為一具有潛力的土壤管理方法，後續將再持續評估該方法之效果及穩定性。

農地土地覆蓋資料庫建置 農地土地覆蓋資訊數位化後，本所產出之各項作物資料已廣泛被各單位使用。又以每年固定產出之一、二期作作物能夠提供研究學術單位使用外，搭配土壤資料、氣候資料以及農產業單位之資料，以更多元化的主題應用於農業領域，協助推動農業政策及事件空間化分析，更精準地提供產業解決相關問題。本年度農地土地覆蓋圖資供應給政府單位 16 件、學術單位 9 件、政府委辦民間單位 3 件、財團法人 2 件，共計 30 件。並協助農業單位產出 272 張農地土地覆蓋主題圖，加速農業作業推動 (圖 5-2)。

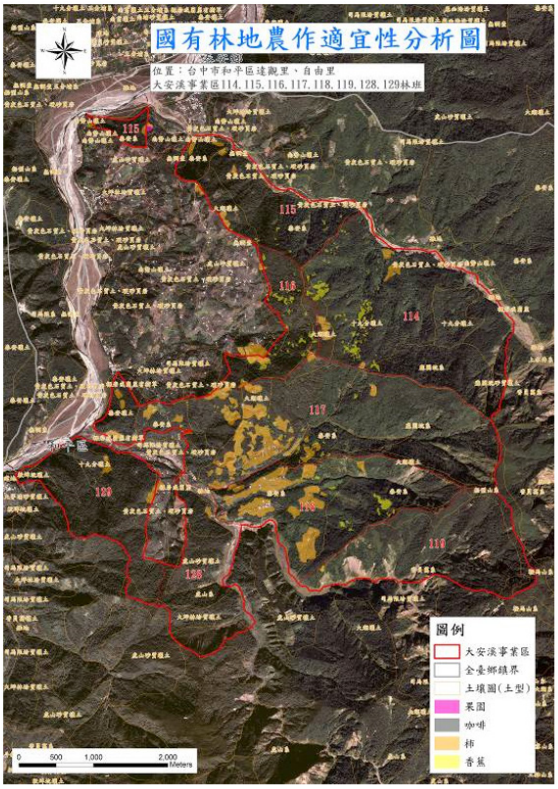


圖 5-2 臺中甜柿國有林適宜性分析，協助提供解編作業。

臺灣農地資源盤查 107 年持續更新臺灣農地資源盤查，為與各盤查單位資料統一性，將 106 年盤查結果更新至農委會資訊中心供應國土測繪中心 106 年第四版本地籍圖，以利各單位圖資彙整正確性及統一性。更新地籍版本同時，亦將本所判釋 107 年各期作各項作物成果同步更新至農地盤查，提升農地作物細項至第五級 (圖 5-3)，107 年度總計更新面積為 227,641 公頃，各縣市更新面積列於表 5-1。

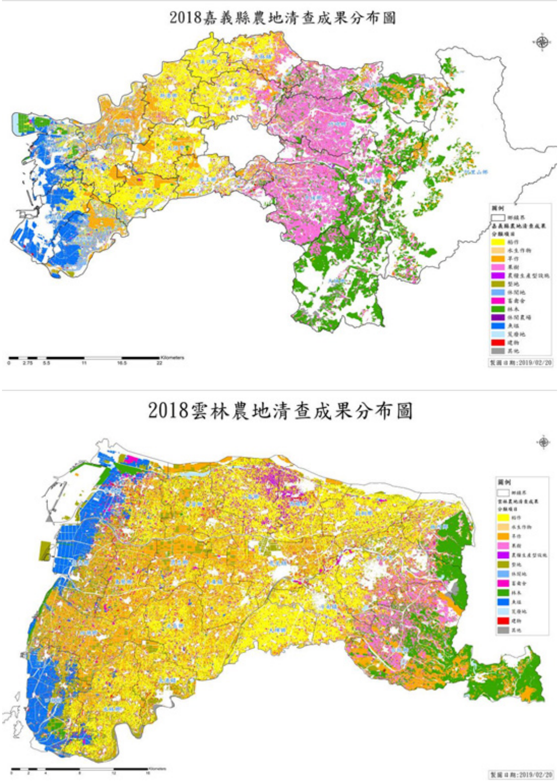


圖 5-3 嘉義、雲林地區 107 年農地盤查成果分布圖。

農地盤點自動繪圖技術開發 據農地資源盤查資料顯示農地流失嚴重，其中農地建置工廠之農地非農用情形威脅農產品質，因此本所蒐集高解析度衛星影像，以物件式影像分析 (Object-based Image Analysis, OBIA) 模式利用影像光譜與空間幾何特性，進行臺灣本島平原區建物半自動化判釋 (圖 5-4)，減少傳統逐元式影像判釋之鹽椒效應 (salt and pepper effect)，快速判釋出農業區建物 (圖 5-5)，瞭解農地存留面積量，供農地管理決策參考。

表 5-1 107 年農地盤查面積統計 (單位 : 公頃)

	更新面積	可供糧食生產面積	總面積
臺北市	241.2	1,459.8	1,763.8
新北市	92.8	9,006.1	15,222.6
桃園市	10,893.9	26,454.4	47,340.0
新竹市	568.5	1,470.8	2,385.8
新竹縣	4,393.8	14,073.2	17,116.1
苗栗縣	6,293.9	21,951.2	26,769.1
臺中市	16,467.0	38,795.1	48,843.9
南投縣	6,101.0	49,580.6	52,739.2
彰化縣	30,962.1	53,984.4	74,387.0
雲林縣	61,245.9	72,982.7	134,630.2
嘉義市	716.6	1,451.5	2,727.5
嘉義縣	22,170.2	65,557.0	110,657.5
臺南市	19,361.5	76,449.3	149,095.3
高雄市	6,513.1	30,463.6	42,552.9
屏東縣	13,084.9	50,048.6	75,151.6
宜蘭縣	11,943.7	19,893.2	33,324.5
花蓮縣	10,146.3	31,284.7	44,526.3
臺東縣	6,444.8	25,019.5	29,295.9
總面積	227,641.4	589,925.7	908,529.1

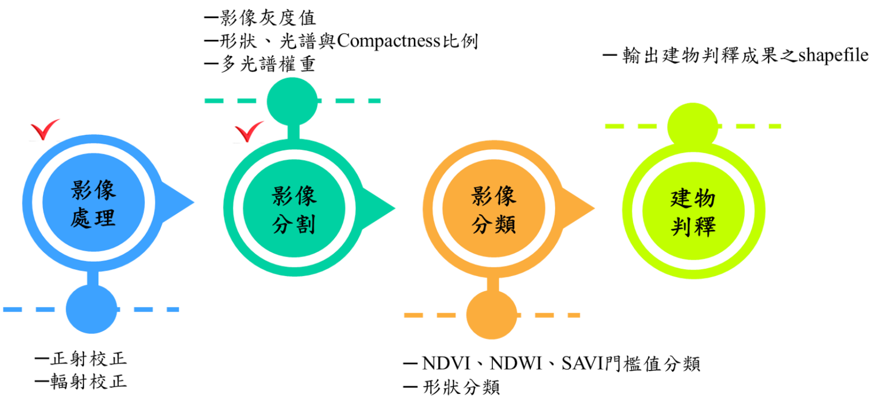


圖 5-4 建物半自動判釋示意圖。

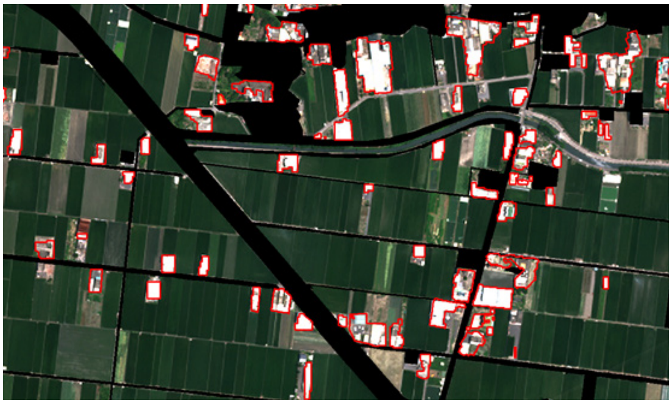
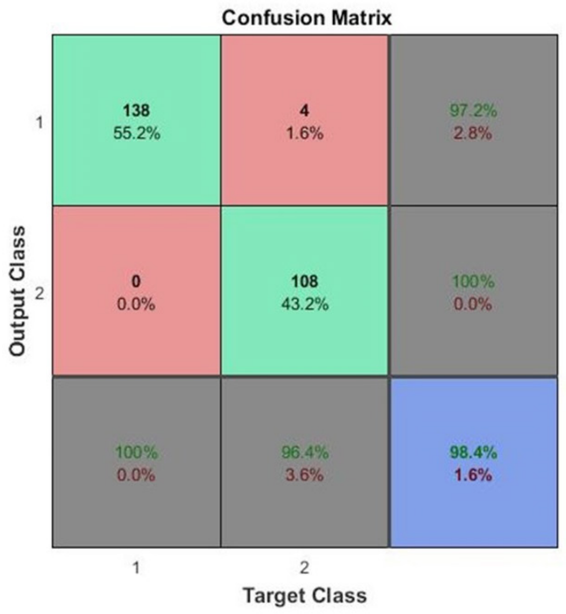


圖 5-5 建物半自動判釋示意圖。（紅框處為建物）

化學分析與資訊服務

以光譜檢測技術建立苦茶油產地鑑定系統 為了區別茶油的原產地，保護農民與消費者的權益，促進臺灣茶油產業發展。本研究擴充傅立葉轉換 - 紅外光譜儀 (FT-IR) 的光譜範圍，並結合類神經網路分析方法，希望發展出一套完整的國產與非國產茶油鑑定技術，實際運用於茶油產業。除原有之近紅外光譜 (1,000~2,500 nm) 外，增加波長 2,500~17,000 nm 中紅外光資訊蒐集。光譜資訊初步先以 The Unscrambler 10.4 軟體進行預處理及主成分分析，確認蒐集之光譜品質。再進行類神經網路分析，從類神經網路跑出的模型結果，模式整體準確率為 98.4%，唯目前樣品數僅有 100 個，若能夠持續增加資料庫的光譜資訊量，相信可以得到更加穩定的苦茶油產地鑑定模型 (圖 5-6)。



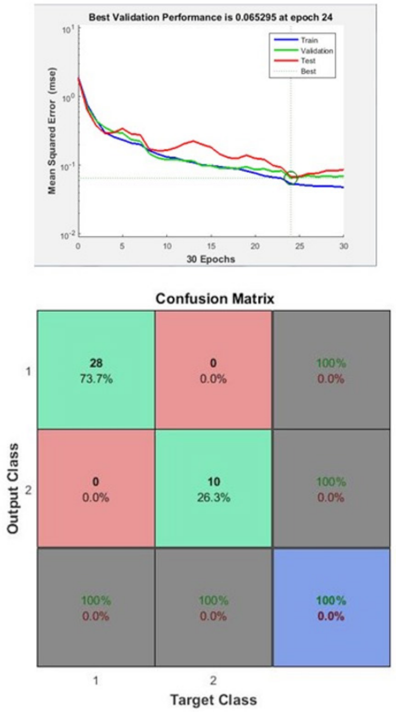


圖 5-6 有機成分指紋圖譜結合類神經網路分析區分產區。

農民田間管理之防護作業推播服務系統建置 本所以行動化科技打造農民田間管理資訊平台 (i-plants)，讓消費者透過 QR Code 即可了解蔬果產品的農食曆 (圖 5-7)。本系統以 3S(GIS/GPS/RS) 核心技術，以田間紀錄 APP 記錄生產情形，並結合地理資訊 (GIS) 輔以物聯網與航拍技術運用 (如 IOT、UAV)，不僅落實田間作業智慧化，更能透過記錄作物生長期以及套疊環境圖層及環境大數據，可供農企業進行田間生產風險管理以及決策分析來確保農食安全與品質。本系統已推廣應用於水稻、玉米、蓮霧、結球萵苣、有機葉菜等作物，並持續蒐集產銷鏈各階段之防護作業需求，由專家整合歷年累積之土壤、氣象、栽培、病蟲害及財務等各項資訊，作為農業經營者提升田間管理效率、品質改善依據、田間氣象災害與病蟲害防護之基礎，以全自動化方式提供迅速、精準、完整且主動式的田間管理防護作業資訊，達成農業生產預警之防護決策目標。

圖 5-7 農民田間管理資訊平台 (i-plants) 推廣活動。

農業天然災害即時回報 APP 為提高農業天然災害救助效率，開發農業天然災害即時回報行動應用程式 (包括 iOS 作業系統手機及 Android 作業系統手機版本) 與展示管理平台，協助地方單位及研究人員能於災後田間進行調查，快速蒐集每一塊農地之災後照片及現況說明，讓農業災情資訊能有效的從地方即時回報至縣市、鄉鎮市區及相關中央農政單位，加速災情資訊傳遞速度及後續勘災作業調度，協助讓農田儘早恢復農田生產力，期能縮短災後救助流程，並透過網路即時回傳雲端資料庫，供後續展示與大數據分析使用 (圖 5-8)。

圖 5-8 農業天然災害即時回報 APP。

鳳梨品質高光譜檢測技術開發 鳳梨為我國力推外銷之主要產品之一，鳳梨運銷方式若為船運，將導致鳳梨撞傷顯現／凍傷／過熟等狀況發生，導致目前鳳梨運銷至日本缺陷率達 3 成以上。在鳳梨採收完裝籃運送過程常會造成撞傷而導致鳳梨汁滲出，因滲出量過小無法被人眼分辨，但經過一個禮拜的儲運過程，滲汁的部位將導致發霉或導致內部缺陷，故研究透過模擬撞傷的情形，以 400~1,000 nm 近紅外光高光譜影像結合機器學習的 K-means 分類法進行分辨出第一時間滲汁的部位，透過本技術可於第 5 天後發霉或褐化的鳳梨，提前在第一天發現缺陷提早處理 (圖 5-9)。

土壤與植體分析能力比對及國際研討會 本所與亞太糧食肥料技術中心合作，於 107 年 9 月 12 ～ 13 日假生物技術組 1 樓國際會議廳舉辦「International Workshop on Soil and Plant Tissue Analysis: Testing Methods, QA/QC, Data Interpretation and Application」國際研討會，邀請 14 位來自美國、印尼、日本、韓國、馬來西亞、菲律賓、臺灣及越南的專家學者，分享其專業領域之寶貴經驗。與會人員包括農委會所屬各試驗改良場所、大學實驗室、民間檢驗機關之土壤分析與肥力診斷專業人員，以及診斷報告的使用者共約 100 人。透過研討會的主題設計，引導與會各國針對

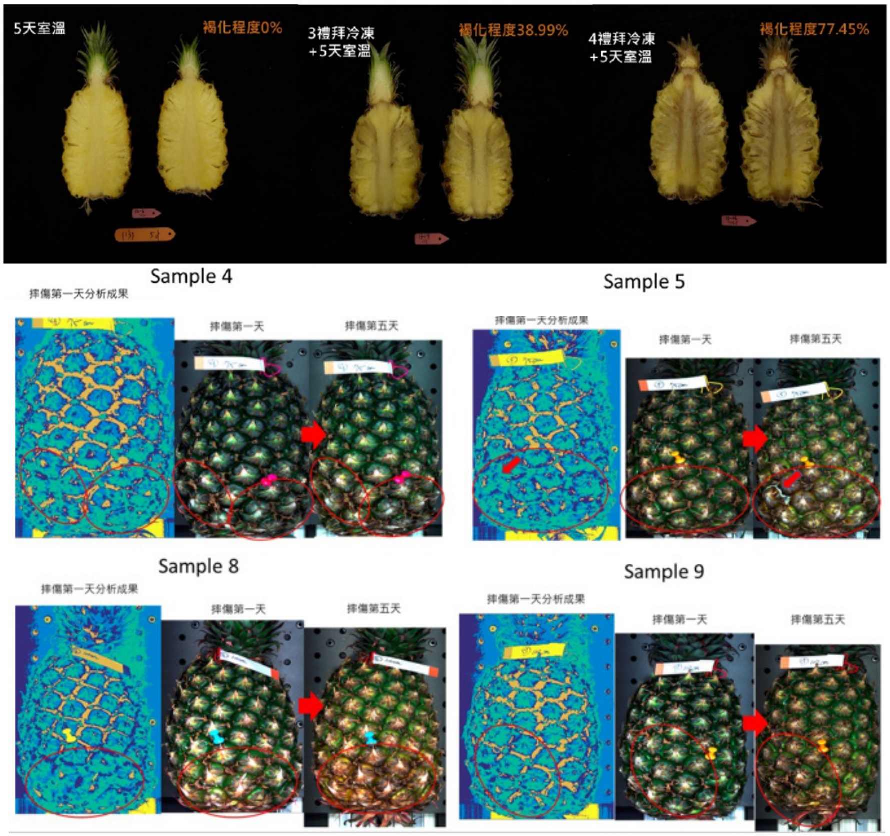


圖 5-9 高光譜資訊鳳梨撞傷與鳳梨保存褐化檢驗。

土壤檢測方法的選用、實驗室品保 / 品管，以及檢測資料的解讀與應用充分交換意見，獲得各國極大回響。

土壤與植體分析是了解土壤肥力和作物養分狀況最快速而有效的方法。如何根據分析數據做出正確的肥力診斷與施肥推薦，則有賴分析數據的準確度，以及一套依土壤性質與目標產量而定的診斷標準與施肥推薦量。為了促進亞太地區國家在土壤肥力與植物營養診斷技術的交流，於會議舉辦前，特邀請與會各國土壤 / 植體分析實驗室，完成 1 場土壤與植體分析實驗室間能力比對試驗 (proficiency test)，並於會議中闢專節討論試驗結果。由表 5-2 資料可知，國外實驗室對於土壤總有機碳、pH 及全氮之分析合格率優於我國，但在 Bray No.1 磷與王水消解 - 鎘的分析則合格率較低，中性醋酸銨可萃取鉀、鈣、鎂則國內外實驗室合格率相近。研討會議題設計如下：

1. 邀請美國 Wisconsin 大學 Madison 分校土壤科學系的 Carrie Laboski 教授進行主題演講，介紹該校超過百年的土壤肥力診斷與作物施肥推薦研發經驗。
2. 邀請本所與行政院環境保護署環境檢驗所專家，分別講述土壤肥力檢測方法與土壤檢測實驗室之品保 / 品管。
3. 由與會各國代表分別報告該國的土壤分析實驗室概況，包括：方法選用、品保 / 品管、資料解讀與應用。
4. 由本所專家報告於會議中報告試驗結果，並開放參與實驗室共同討論，促進各國技術交流並強化於方法選擇及實驗室品保 / 品管的重視。
5. 邀請台、日、含專家講述土壤分析資料在作物生產及土地利用規劃之應用。

會後參觀本所農化組分析與資訊服務研究室，各國代表對於實驗室快速大量分析設備及人力之建構，以及實驗室管理資訊系統均留下深刻印象，紛紛表示希望後續能有相關主題的交流 (圖 5-10、圖 5-11)。未來盼藉由本次交流為基礎，促成我國與國外相關農業研究與大學更多的合作議題，提升我國農業科技參與國際合作空間，進而提升我國農業科技研究的影響力。

表 5-2 土壤分析能力比對國內外參加實驗室數量與合格率

	國內參加數	合格率 (%)		國外參加數	合格率 (%)	
		S01	S02		S01	S02
TOC	13	92.3	100.0	7	100.0	100.0
pH	16	81.3	87.5	7	100.0	100.0
全氮	7	85.7	85.7	7	100.0	100.0
Bray no.1- 磷	13	84.6	92.3	7	71.4	42.9
醋酸銨 - 鉀	12	100.0	75.0	7	85.7	71.4
醋酸銨 - 鈣	12	91.7	91.7	7	100.0	85.7
醋酸銨 - 鎂	12	100.0	91.7	7	100.0	71.4
王水消解 - 鎘	6	100.0	100.0	3	33.3	33.3

圖 5-10 與會人員合影。

圖 5-11 與會人員參觀本所分析與資訊服務研究室。

鎘污染潛在風險農田作物安全管理改善措施效果驗證 本年度與桃園農改場、臺中農改場、臺南農改場合作，於過去曾產出食用作物鎘超標之鎘污染潛在風險農田，設置降低作物鎘吸收農藝管理技術之驗證田 4 處。各試區土壤性質與鎘濃度統計詳如表 5-3 所示，依其土壤性質與鎘濃度分別導入種植低鎘吸收作物品種及 / 或延長水稻湛水期間等處理。在 CH 與 HL 試區之慣行水分處理區，水稻「台東 30 號」品種為供試品種中鎘濃度最低者。CH 試區延長湛水處理可使「台東 30 號」、「桃園 3 號」及「台南 11 號」糙米鎘濃度分別降低 22.7、45.9 及 10.8%；而「台中秈 10 號」延長湛水處理之鎘濃度則上升 29.0%。HL 試區各品種湛水處理區較慣行處理區之糙米鎘濃度降低 35.4~65.3%，顯示湛水處理可大幅改善后里地區糙米鎘濃度超標問題。BD 試區土壤鎘濃度較高，全區採延長湛水處理，6 個供試品種中僅「台東 30 號」糙米鎘濃度高於食品法規限值，其餘品種之糙米鎘濃度均符合法規限值。HW 試區種植鎘累積能力較花生低之玉米，所產出之玉米食用部位鎘濃度均符合法規限值 0.05 mg kg^{-1}(圖 5-12)。過去多項試驗資料均顯示「台東 30 號」為鎘累積能力較低之水稻品種，且為目前農試所與各區改良場於鎘污染潛在風險區主推品種，本試驗 BD 試區所得結果顯示當土壤鎘濃度高達 3.58 mg kg^{-1}(表 5-4) 時，「台東 30 號」之糙米鎘濃度亦有超標之虞，實為後續應用推廣之寶貴資料。

表 5-3 驗證試驗田土壤性質與鎘濃度

試區	pH	CEC（meq kg^{-1}）	有機質（g kg^{-1}）	Cd（mg kg^{-1}）
CH	6.87±0.30	14.5±1.3	29.3±7.7	0.55±0.37
HL	6.11±0.73	6.1±0.5	13.4±1.3	1.05±0.23
BD	6.76±0.23	10.1±0.6	19.0±1.2	2.94±0.86
HW	6.92±0.32	6.1±0.6	11.2±1.4	0.95±0.61

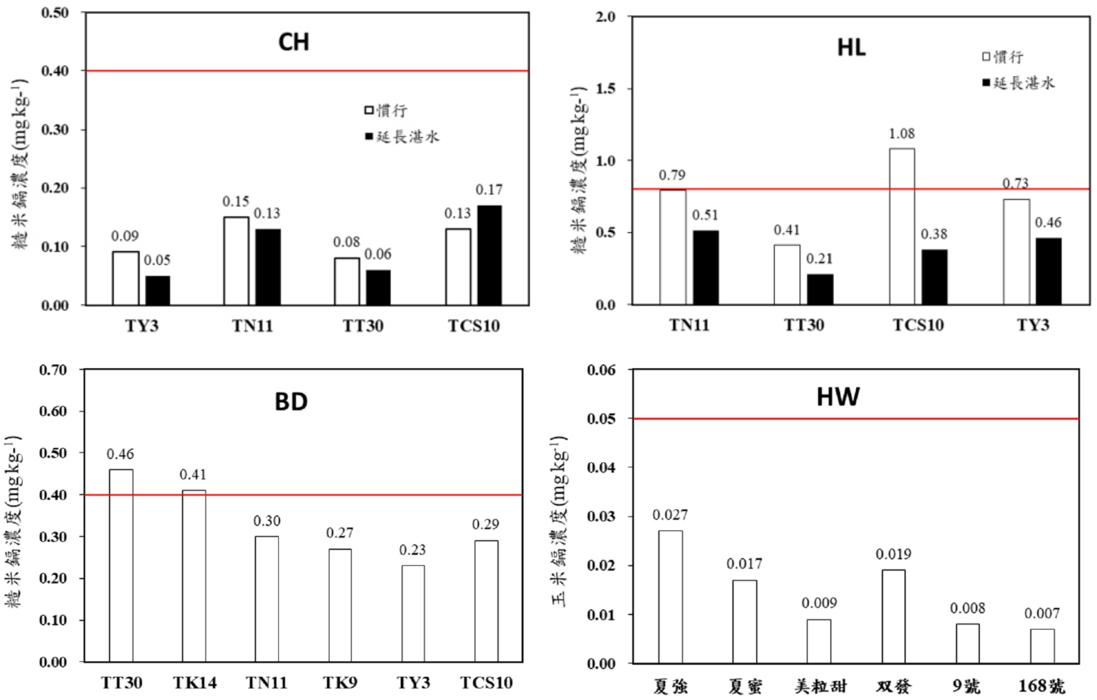


圖 5-12 各試區作物食用部位鎘濃度 (TY3：桃園 3 號；TN11：台南 11 號；TT30：台東 30 號；TCS10：台中秈 10 號；TK14：台稉 14 號；TK9：台稉 9 號；紅色實線為食品法規限值)。

表 5-4 BD 試區試驗後土壤鎘濃度

水稻品種	TT30	TY3	TN11	TK14	TK9	TCS10
土壤鎘濃度 (mg kg^{-1})	3.58±0.46	2.33±0.37	2.88±0.84	3.33±0.66	2.57±0.68	2.07±0.14

肥料查驗 107 年度肥料查驗總收件數為 892 件，其中重金屬不合格者有 13 件；主成分不合格者有 124 件；重金屬與主成分皆不合格者有 11 件；限制事項不合格者有 2 件，不合格肥料總數為 137 件，不合格率為 15.4%。與 102 至 106 年度查驗結果相較，不合格率有逐年降低趨勢 (表 5-5)。107 年度肥料查驗之不合格肥料細目分析表列於表 5-6。

表 5-5 近 6 年肥料查驗結果

年度	102	103	104	105	106	107
查驗件數	895	879	912	915	903	892
不合格件數	184	202	206	189	145	137
不合格率 (%)	20.6	23.0	22.6	20.7	16.1	15.4

表 5-6 107 年度肥料查驗之不合格肥料細目分析表

項目	件數	項目	件數	項目	件數
主要成分	124	有害成分	13	限制事項	2
全氮	27	砷	0	pH 值	1
全磷酐	13	鎘	0	尿素態氮	1
全氧化鉀	18	鉻	3		
全氧化鈣	1	銅	3		
全氧化鎂	2	鎳	6		
全鋅	1	鋅	6		
水溶性養分	49	亞硝酸	0		
檸檬酸溶性養分	17	鈦	1		
檸檬酸銨溶性磷酐	2				
鹽酸溶性養分	4				
有機質	15				
硝酸態氮	5				
銨態氮	11				
鹼度	1				

臺灣農田土壤補充調查 本所於 81~97 年間進行平地農田土壤網格式調查，採樣點超過 13 萬點，分析項目中亦包含 0.1 M 鹽酸可萃取之銅、鋅、鎘、鉻、鎳、鉛，為目前國內最完整的調查資料。可惜受限於經費與人力，部分鄉鎮的調查工作尚未完成，包括彰化、雲林、 嘉義部分沿海鄉鎮，以及臺南、高雄、臺東等零星區域。本所自 105 年度起針對資料缺漏鄉鎮進行補調查，本年度完成網格土壤資料缺漏鄉鎮補調查採樣 2,243 點，樣本分析 1,484 點。總計自 105 年至本年度為止，完成網格土壤資料缺漏鄉鎮補調查土壤採樣 5,243 點，樣本分析 13,286 個 (表 5-7)。已完成樣品分析之調查點包括過去整個鄉鎮資料缺漏的彰化縣伸港鄉、鹿港鎮、溪湖鎮 (圖 5-13)，雲林縣臺西鄉、東勢鄉，以及臺東縣臺東市；另僅部分資料缺漏的臺中市沙鹿區、大雅區、龍井區、西屯區、大肚區、南屯區、烏日區，彰化縣花壇鄉、芬園鄉、埔心鄉、員林鎮、永靖鄉、芳苑鄉、大城鄉、竹塘鄉、溪州鄉、水林鄉，臺南市麻豆區、學甲區、將軍區、七股區，臺東縣鹿野鄉。

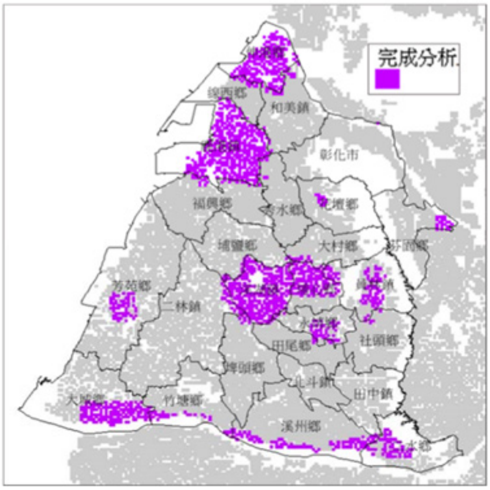


圖 5-13 彰化縣農田土壤補充調查已完成表土樣品分析之點位分布。

表 5-7 農田土壤補充調查已完成 pH 與有機質含量分析之樣品數及數據範圍

	深度 (cm)	0~15	15~30	30~60	60~90	90~120	120~150
pH	樣品數	4,485	3,752	3,402	3,066	2,729	2,806
	數據範圍	3.21~9.93	3.47~9.80	3.28~9.58	3.28~9.21	2.96~8.88	2.99~9.11
有機質 (%)	數量	2,451	2,391	2,326	2,123	2,026	1,966
	數據範圍	0.36~85.40	0.05~85.10	ND~87.60	0.01~97.00	ND~11.60	ND~5.90

葉片養分對外銷鳳梨貯運品質之影響與施肥改善策略　彙整各鳳梨果園採果前之葉片營養分析結果，及所對應果園果實在不同倉儲時間下之內部褐化比例，分析巨量元素、次量元素、微量元素，以及元素比例 (N/K、N/P、P/K、K/Ca、K/Mg) 等，與果實內部褐化之關係。中段與基部兩部位分析結果對於倉儲相關性之趨勢相似，統計之 P 值小於 0.05 者如表 5-8 所示。中段之鎂、銅以及基部之鉀、鎂與內部褐化面積之相關性顯著，鎂在中段及基部皆顯著，且斜率為正值，表示葉片鎂濃度越高者，4 周倉儲下褐化面積越大。基部鉀與斜率為負值，顯示基部鉀濃度越高者，內部褐化比例越低。中段與基部元素比例之N:P、P:K、K:Ca、K:Mg 皆與褐化之線性回歸結果顯著，其中 P:K 與內部褐化比率線性關係之斜率為正值，其餘為負值，表示果實採收前葉片磷與其他鉀鈣比值越高者，倉儲後褐化面積越大 (表 5-8)。整體而言，果實採收前葉片鉀濃度或鉀對鈣鎂比例較高者，倉儲後褐化面積較小，而鎂、銅濃度較高者，有倉儲後褐化面積大的趨勢。鳳梨果實之鎂濃度與果實褐化之關係值得持續進行探究。果實採收前宜可配合水分管理進行土壤撒施或葉面施肥，加速補充鉀肥，提高鳳梨貯運品質。

表 5-8 葉片營養元素與果實 4 周內部褐化比例之線性回歸分析結果

葉片部位	元素	斜率	截距	P 值
中段	Mg	319.19	9.68	0.048
中段	Cu	4.87	40.88	0.024
中段	N：P	-4.09	114.18	0.007
中段	P：K	747.34	15.50	0.011
中段	K：Ca	-5.20	114.89	0.008
中段	K：Mg	-2.11	99.24	0.023
基部	K	-35.08	121.57	0.022
基部	Mg	667.30	15.49	0.021
基部	N：P	-5.35	109.08	0.012
基部	P：K	511.88	29.09	0.025
基部	K：Ca	-2.95	91.92	0.038
基部	K：Mg	-1.08	92.55	0.011

[z] 內部褐化比例 = 斜率 * 元素濃度 (或元素間比值) + 截距

土壤管理與作物營養肥培

濱海地區水旱作新耕作系統研究　小規模多元化的耕作系統主要依靠當地資源和複雜的作物安排，合理高生產和穩定的呈現及單位勞動和能源的低投入。熱帶地區由於全年蟲相蓬勃發展和養分淋洗出是農業生產主要的限制因素。本計畫即針對濱海地區設計新耕作系統，旨在篩選作物或品種、耕種方法、耕犁方式，再評估濱海的環境特性，針對已有耕作制度作最適佈置，設計最高收益的新耕作系統。繼 106 年排定的作物制度，107 年為測試制度的穩定性及資源利用的永續性，擇定原試區以當地的自然資源進行有別傳統作物制度的改變和設計，如圖 5-14，其目的除為提高該地區農田生產的效能外，並期依不同作物需氮特性，對於減少大量工業輔助能的投入。本年度計畫完成兩試區作物的種植、作物生育及產量的調查與土壤與植體氮的量測，比較慣行耕作制度，初步結果顯示：(1) 當大城試區春作毛豆後接續夏季水稻的種植，肥料氮最少化施用，仍可達相當的產量水準；(2) 和美試區於夏季水稻季進行撒直播的種植方式 (約較慣行插秧提早 30 天)，產量也能達正常水準，氮平衡量也從 106 年的早一期水稻季的負值矯正為正值，顯示系

圖 5-14 107 年彰化大城 (上) 與和美 (下) 試區作物制度。

統獲得額外氮源，玉米季後的夏季水稻可以為該地區較佳作物的選擇，未來該作物制度則將擴大至其他鄰近農田區推廣的考慮。

建立環境友善耕作模式 以長期的趨勢來看，氣候變遷將使降雨量減少，「看天田」的存在可能性將越來越低，灌溉水的需求量將逐漸提高，因此，節水栽培技術及複合式生產管理的耕作制度研究與推行將會日益重要。對於全臺最大栽培面積的水稻，每期水稻栽培需水量 1,200 mm 以上，對於水稻的節水方法，有必要再深入研究。水稻從插秧到直播栽培的轉變，這種轉變應大幅度降低作物需水量，儘管如此，雜草的侵襲可能導致直播稻產量損失較大。水稻直播系統為可行的節水措施，我國已具有相當的研究成果，但完整的管理系統提出，仍需相關機械設備的配合。另複作指數的降低並無法明顯提高作物單位面積產量的問題是我國糧食自給率逐年降低的主要原因之一。本年度配合新購覆土式水稻直播機與雷射光水田整平技術兩項技術的實施及試區配合區域光與水自然資源進行一年三作的作物制度的耕作模式，初步結果，建立水稻在濕田直播的作業流程，整平技術實際應用於不同類別農田土壤，將土壤的平整度提高至 0.5 公頃農田地面高低誤差只有 3 公分以內大幅降低農田 (特別是水稻) 淹水深度，達到減低灌溉水量，一期稻作可以減少 20~25%。玉米 - 直播水稻 - 大豆的輪作制度，作物的產量均能達到一般的平均產量，可增加農民收益與農田生產的效能。

合理化施肥 本年度針對友善環境資材推廣，加強執行合理化施肥計畫，包括：(1) 合理化施肥農民與農會基層推廣人員宣導講習方面，辦理合理化施肥宣導、座談及講習會計 221 場次，涉及之課程與議題均以土壤與作物營養診斷技術為主軸。另配合媒體專訪及電視台報導部分計 2 則，擴大合理化施肥宣導層面；登載於期刊等農業相關雜誌部份計 4 篇；(2) 土壤肥力檢測與作物需肥診斷服務方面，協助農友辦理土壤檢測、植體分析及作物需肥診斷服務，引導農友合理使用化學肥料，計有 8,134 件；(3) 建立施用石灰資材改良土壤肥力示範農場方面，本年度共輔導 6 處合理化施肥示範農場，包括雜糧、蔬菜、果樹等作物，並辦理合理化施肥田間觀摩會。資材施用後配合合理化施肥示範農戶所減施之化學肥料比率介於 15~30 % 之間，其中以玉米及大豆之降幅最為顯著，其在保持地力、穩定產量及提高品質方面成效顯著；(4) 提昇作物需肥診斷分析品質，由農業試驗所籌劃依各場所樣品分析能量分別設計專屬訓練課程，進行計 40 人次之分析人員訓練與校核樣品分析比對機制，以提昇分析品質；(5) 土壤肥料檢驗能力比對：參考 ISO/IEC17043:2010 規範辦理植體成分分析試驗，有機質肥料或化學肥料主成分、有害成分及限制事項，共 30 項檢驗能力試驗，各項目須進行設定值求取之重複分析 15 次以上，比對範圍包括試驗改良場所、大學相關系所及農委會指定之肥料檢驗機構。

中部地區百香果災害指標建置及減災調適研究 本年度為避免本省百香果栽培過程中，因雨季、颱風及寒害所造成之災損，於本所設施溫室內進行高、低溫季節安全高品質百香果生產之營養調適管理與病蟲害管理。此外，百香果於低溫季節易發生光照強度與光照時間不足且溫度過低，常導致百香果開花結果率降低，因此另進行百香果燈照催花試驗。初步結果顯示，百香果栽培生長溫度範圍為 17~35℃之間，而為防夏季雨季與颱風豪雨及冬季寒害，於設施溫室內栽種百香果，在夏季高溫季節，設施溫室內溫度常高於 40℃以上，造成百香果之熱障礙，因此利用溫室天窗及捲揚與風扇，調整溫室內之通風及對流狀態，並利用恆定濕式水分管理使夏季土壤溫度保持在 30℃以下，使根系熱障礙降至最低。而冬季則須關閉天窗，只開少部分捲揚，以維持溫室內溫度及對流。在百香果燈照催花試驗前，發現設施百香果生長 4.5 個月雖溫度適中，但可能因光照強度及白天日照時間不足而未開花，因此於 1 月中旬進行燈照催花試驗 (下午 5 點後連續照光 8 小時)，於 4 月下旬開始採收，比正常採收時間 (5 月中下旬) 提前 1 個月，至 7 月上旬採收結束，產量約 2,000 公斤 (1 分地)，品質亦佳 (甜酸度適中)。

設施內蘆筍土壤栽培周年生產模式之研發 至農友蘆筍園，探討蘆筍生產品質低劣原因，發現蘆筍之整枝栽培技術 (如栽培密度、留母莖支數多寡、整枝時期) 及水分和肥分管理技術與病蟲害管理技術，均會影響蘆筍之產量與品質，尤其是整枝栽培技術和水分和肥分管理技影響最大。蘆筍栽培管理

中，覆土 (或培土) 為產量及品質重要影響因子，在夏季採收期，覆土處理之蘆筍產量為未覆土之 1.8 倍，且品質 (蘆筍切面直徑 >0.8cm) 為未覆土蘆筍之 3.37 倍。採收期均為 65 天情形下，夏季採收期 (5 月 14 日至 7 月 17 日) 之產量較秋季採收期 (10 月 4 日至 12 月 7 日) 高，但品質則為秋季採收期較佳，可能因夏季氣溫高，蘆筍生長速度快，產量雖多，但嫩莖較細。覆土處理之蘆筍產量和品質均較覆粗泥炭處理為佳。蘆筍園之水分管理採濕式管理 (即在通氣良好情況下，水分越多越好)。蘆筍肥料處理 (化學肥料處理每 2 星期澆灌一次、鹿糞有機質肥料 + 化學肥料處理每 2 星期澆灌一次)，在秋季採收期中，單行栽植之產量與品質差異不大，但雙行栽植有機質肥料處理之產量與品質則高於只有化學肥料處理。

生物炭施用對蘿蔓萵苣生長、土壤理化性質及土壤微生物之影響 生物炭已被廣泛運用做為土壤添加劑，但生物炭仍有負面影響之報導，本文探討生物炭施用後對作物生長、土壤理化性質與土壤微生物群落組成及多樣性之影響。本試驗於 107 年 3 月進行。試驗地點在高雄區農業改良場，試驗作物為蘿蔓萵苣，生物炭種類為木炭、稻殼燻炭及稻殼炭灰，生物炭施用量每公頃 20 噸。田間試驗主要由高雄區農業改良場規劃管理，農試所負責在蘿蔓萵苣種植前與採收後檢測土壤之理化性質與分析土壤之微生物群落組成及多樣性。試驗結果顯示：(1) 施用木炭可增加蘿蔓萵苣產量 24%，而施用稻穀燻炭與稻穀炭灰會降低蘿蔓萵苣產量，分別降低產量 29% 與 60%；(2) 施用木炭及稻殼炭灰可提高土壤 pH 值；(3) 施用木炭、稻殼燻碳及稻殼炭灰皆可提高土壤有效性鉀含量；(4) 施用木炭可顯著降低土壤有效性鐵與銅含量；(5) 施用木炭與稻殼燻炭皆顯著降低表土 DNA 含量；(6) 施用木炭可顯著提高底土微生物碳源的利用率；(7) 施用木炭、稻殼燻炭及稻殼炭灰可降低土壤總細菌數、游離性固氮菌數及溶磷菌數；(8) 施用稻殼燻炭與稻殼炭灰可提高子囊菌的數量。

包覆肥料及液體肥料之研究 本計畫目的在研製適合蘿蔔生長之包覆型肥料以及液體肥料，並比較不同肥培管理下之產量。評估並選取適宜的包覆材料，以離心包覆機研製包覆型肥料。肥料養分釋出試驗包括水浸提法與土柱淋溶法。(1) 水浸提法 (CNS 肥料檢驗法 - 裹覆肥料溶出率之測定)：進行浸提試驗，計算其初期溶出率和微分溶出率。(2) 土柱淋溶法：在底部有孔洞之壓克力圓筒中，加入 15 公克風乾之土壤，加入 1 公克供試肥料，再加入 10 公克風乾之土壤，加少量水使土壤水分達到飽和。每日加 50 ml 去離子水淋洗土柱，測定濾液中總氮含量，換算出總氮溶出率和平均值，直至肥料溶出率達到 80%。水分溶出試驗結果顯示：研製包覆肥料 1 之氮肥初期溶出率與微分溶出率分別為 1.26% 與 5.13%，市售 70 天型控釋肥料 (70 天型，全氮 - 氧化磷 - 氧化鉀為 14-11-13) 分別為 1.88 與 3.64%；研製包覆肥料 2 的氮肥初期溶出率與微分溶出率分別為 1.26% 與 0.21%，市售 100 天型控釋肥料 (100 天型，全氮 - 氧化磷 - 氧化鉀為 14-11-13) 分別為 0.54% 與 0.9%。即 4 種肥料在 30℃水中靜置時，氮肥釋出之速度為包覆肥料 1> 市售 70 天型控釋肥料 > 市售 100 天型控釋肥料 > 研製包覆肥料 2。土柱淋溶試驗結果顯示：研製包覆肥料 1、研製包覆肥料 2、市售 70 天型與市售 100 天型控釋肥料之氮肥累積釋放對土柱淋溶天數之釋放曲線相似。研製包覆肥 1 之曲線介於市售 70 天期與市售 100 天期控釋肥料之間，而研製包覆肥料 2 之曲線則低於市售 100 天期控釋肥料。4 種肥料氮肥之釋放速率在水分溶出與土柱淋溶試驗中均得到相同的結果。盆栽試驗結果顯示蘿蔔之鮮重在對照區、化學肥料施肥區、包覆肥料施肥區、市售 70 天期與液體肥料施肥區分別為 75.8 公克、204.9 公克、220.4 公克、91.8 公克、222.9 公克。即研製包覆肥料和葉面肥培管理蘿蔔之鮮重優於傳統化學肥料之管理。

有機蔬果集團化栽培模式之建立 政府為兼顧農業生產與環境生態維護，近年來積極推廣有機農業，但目前有機栽培面積僅占全國耕作面積約 1%，目前每年有機栽培生產的作物產量僅可供應少數人食用。有機田區存在鄰田污染風險，栽培農戶規模過小，鄰田污染風險高。農試所 106 年在台糖公司高雄有機農場設立有機蔬菜生產示範園，該園區土壤質地為坋質粘壤土，土壤粘重，且表土土層淺 (厚度 12~18cm)，土壤壓實，不利作物生長。農試所以育苗移植取代蔬菜種子機械直播，並改良土壤與調控土壤養分，加速蔬菜生長，縮短蔬菜在田間生長時間，提高蔬菜對雜草之生長競爭優勢，並增加溫

室利用率 50%，而蔬菜產量增加 30%~140%，且不用進行人工除草。107 年在台糖公司高雄有機農場示範園導入蔬菜移植機，經過 4 次測試與修改後，已可順利進行移植 (圖 5-15)。大面積蔬菜苗移植需耗費很多人力，透過蔬菜移植機進行移植，可節省人工移植、疏苗或除草人力，平均每 0.1 公頃每 1 期作可節省 10~15 人 × 天。

圖 5-15 台糖公司高雄有機農場示範園導入蔬菜移植機，蔬菜定植 16 天後之生長情形。

應用微生物

沼氣混合料源處理及共發酵技術開發 本研究為有效消化農產生產剩餘資材，並將資源循環生產之沼氣轉化成能源，分別進行添加解聚與未解聚稻稈與豬糞尿進行厭氧共發酵生產沼氣試驗。試驗結果顯示：添加未解聚稻稈與豬糞尿之混合料源可提高沼氣產量 5 倍以上。而添加解聚稻稈 (分別以微生物法、酵素法、蒸煮法和稀酸法預處理) 與豬糞尿進行混合料源共發酵，分別可提高沼氣產量 1.84、2.10~3.80、1.8~4.4 及 2~10 倍，其中以稀酸法為最適之預處理方法。另，根據成本效益分析（CBA）與淨現值（NPV）的計算，利用政府補助比率、「架設管線」和「槽車」不同運輸方式、不同發電設備與發酵方式等參數，進行不同情境下臺灣中小型養豬場沼氣發電產能成本效益分析，結果顯示架設管線較槽車運輸更具有效益，共消化比未共消化更具效益。除此，並於飼養 1,500 頭豬之畜牧場建立沼氣生產示範場域，結果顯示：畜牧場廢水分別與混摻 1% 解聚稻稈 (稀酸法) 及未混摻解聚稻稈共發酵之沼氣每日平均產量分別為 103 m^3 及 46 m^3，顯示畜牧場廢水混摻 1% 解聚稻稈之沼氣量為未混摻處理之 2.24 倍，即沼氣產量提升 124%。

利用甘藷格外品產出高蛋白質技術開發 本研究在於建立甘藷格外品轉化產出假絲酵母菌高蛋白質之較適反應條件，開發高蛋白質產出技術。進行高蛋白假絲酵母菌產出單細胞蛋白質較適條件探討、甘薯格外品成份分析、甘藷格外品水解產出還原糖之較適條件探討、高蛋白假絲酵母菌於 10 公升醱酵槽醱酵甘藷格外品水解液產出單細胞蛋白質之較適條件探討；試驗結果顯示：高蛋白假絲酵母菌於三角瓶之較適酸鹼值為 pH 6.0，反應溫度為 24℃，菌液接種比例比例為 1:1,000，培養液中尿素與葡萄糖添加比例為 1:20；甘藷格外品之全氮、全磷、全鉀、全鈣、全鎂及還原糖含量分別為 8.83 mg/g、1.83 mg/g、15.55 mg/g、0.87 mg/g、0.76 mg/g 及 39.84 mg/g，pH 為 5.98(1:5)、EC 為 2.40 mS/cm (1:5)；酸水解甘藷格外品產出還原糖之甘藷格外品與 1.5% 鹽酸較適混合比例為 3:10 (w:v)，反應條件為 121℃、1.1 atm 加熱 30 分鐘；甘藷格外品水解液於 10 公升發酵槽反應初始測試之較適酸鹼值為 pH 6、反應溫度為 24℃、尿素：葡萄糖 =1：20、攪拌速度為 800 rpm、通氣量為 4 LPM(L/min)，較適培養時間為 72 小時，其 5 公升甘藷水解液可產出蛋白質含量達 25.69 g。

甘藷下腳品產製生質聚合物之技術研究 甘藷富含澱粉為臺灣重要糧食作物之一，年產量約 20 萬噸，但甘藷裂薯、小薯和白絹病薯等下腳品高達 20 %，作為低價值的粗飼料，或因去化不及而腐損丟棄掩埋。然甘藷富含澱粉，可透酵素和微生物處理，加以轉化開發成生質或綠色料源。因此本研究利用甘藷下腳品發酵生產具生物可分解性和生物相容性的生質聚合物－聚羥基烷酸酯 (polyhydroxyalkanoates, PHA)，建立甘藷原料前處理製程，PHA 生成之較適基礎發酵參數，並篩選生成 PHA 之功能性菌株等。自彰化、雲林、嘉義、臺南等地區 24 個地點之養殖池、水圳大排、灌溉溝渠等土壤底泥篩選分離菌株，以染色快篩分離 30 支可能生成 PHA 之菌株，後續將進行生成量評估。新鮮甘藷下腳料經酵素處理產出約鮮重 20.36% 的總糖質量，作為菌株發酵之碳源。使用菌株 *Cupriavidus necator*（ATCC 17699；BCRC 13036），以搖瓶方式培養獲得菌體，乾燥菌

粉萃取可分解生質聚合物 PHA，探討並建立適當的發酵條件，如培養基配方、發酵時間、不同碳源、甘藷水解液添加量、培養基碳氮比等，以提昇菌株生長和 PHA 生成量。結果顯示酵素處理之甘藷水解液能成功作為生成 PHA 之微生物發酵的碳源，綜合較適基礎發酵條件下提昇 PHA 生成量達初始生成量之 3 倍以上，本研究結果可作為國內開發具可分解性和生物相容性生物材料料源之技術基礎，是為國際和國內重要石化替代和生物經濟之趨勢和目標。

市售溶磷菌肥料產品品質分析 高品質的微生物肥料才能在田間提高植物營養元素的吸收及促進植物生長，而政府的品質管控有助於微生物肥料產品在田間獲得更好和更一致的結果，而且還可以從市場上去除品質差的產品，進而提高農民的信心。本文將介紹農業試驗所於 106 年與 107 年購買市面上販售的溶磷菌肥料產品，進行溶磷菌有效活菌數、雜菌率、溶磷活性及菌種鑑定，其檢測方法參考農糧署公告的微生物肥料檢驗項目之檢驗方法。由 106 年檢測結果可知，農業試驗所由市面上購得的 14 個溶磷菌肥料產品皆符合農糧署微生物肥料規定的產品只有 5 個，合格率為 36%。由 107 年檢測結果可知，農業試驗所由市面上購得的 16 個溶磷菌肥料產品皆符合農糧署微生物肥料規定的產品只有 7 個，合格率為 44%。上述檢測結果為國內微生物肥料產品上市以來這一次全面性的微生物肥料產品之品質分析，該分析資料可提供農糧署在微生物肥料產品品質管控以及未來微生物肥料法規修改之參考。

市售溶磷菌肥料產品之盆栽肥 (功) 效評估 微生物肥料商品在田間施用時，常出現有效與無效兩極化之反應，使農民對微生物肥料缺乏信心。農業試驗所 107 年從市面上購買溶磷菌肥料產品，測試這些產品對作物生長之效益，試驗作物為葉蔥與茶樹，試驗土壤選擇紅壤與石灰質土壤，試驗地點在農業試驗所溫室。溶磷菌種類為市面上販售之 16 種溶磷菌肥料。試驗處理為接種 16 種溶磷菌肥料，另外也測試了這 16 種溶磷菌肥料載體之效果。試驗結果顯示：在鹼性土壤中，有 4 種產品可顯著促進葉蔥生長，簡述如下：(1) 接種溶磷菌肥料產品編號 4 可增加葉蔥地上部乾重 32%，而其載體可增加葉蔥地上部乾重 19%。(2) 接種溶磷菌肥料產品編號 10 可增加葉蔥地上部乾重 26%，而其載體可增加葉蔥地上部乾重 23%。(3) 接種溶磷菌肥料產品編號 16 可增加葉蔥地上部乾重 28%，而其載體亦可增加葉蔥地上部乾重 28%。(4) 接種溶磷菌肥料產品編號 17 可增加葉蔥地上部乾重 33%，而其載體亦可增加葉蔥地上部乾重 33%。在酸性土壤中，有 4 種產品可促進茶樹生長，簡述如下：(1) 接種溶磷菌肥料產品 1 可增加茶樹總乾重 15%，而其載體可增加茶樹總乾重 13%。(2) 接種溶磷菌肥料產品 3 可增加茶樹總乾重 15%，而其載體可增加茶樹總乾重 2%。(3) 接種溶磷菌肥料產品 7 可增加茶樹總乾重 16%，而其載體可增加茶樹總乾重 25%。(4) 接種溶磷菌肥料產品 7 可增加茶樹總乾重 17%，而其載體可增加茶樹總乾重 17%。以上市售溶磷菌肥料產品的盆栽肥 (功) 效測試結果可提供農友及農糧署微生物肥料管理之參考。

農業環境保護

LoRa 長距離無線傳輸應用於農業監測 本研究為了降低農業監測帶來龐大的行動通訊 (4G) 費用與昂貴的感測器資料收集器之硬體成本，因此自行開發低成本 LoRa(Long Range) 無線傳輸的資料收集器與建置 LoRa 長距離無線傳輸系統，以節省通訊費用與 1/3 的硬體成本。LoRa 無線傳輸技術強調低功耗與遠距離傳輸，空曠地區傳輸距離可達 4 km，農業環境大多為空曠地區且較少遮蔽物，最適合長距離傳輸，並且傳送微量感測器數據，符合 LoRa 的低數據頻寬傳輸，若在無電力提供條件下，低功耗的 LoRa 無線傳輸只需要搭配太陽能板 (如圖 5-16)，即可解決供電問題。系統架構為一個監測站點組成獨立 LoRa 無線區域網路，因此互相傳輸資料無需任何通訊費用，LoRa 閘道器 (gateway) 接收各個 LoRa 功能的資料收集器傳來的資料，再透過行動通訊 (4G) 傳輸連接至網際網路傳送至雲端伺服器，完成資料傳輸流程 (如圖 5-17)。一個監測站點只需要 1 張 SIM 卡行動通訊 (4G) 費用，即可完成接收 4 公里內所有 LoRa 功能的資料收集器。以嘉義分所溪口農場為例，目前佈置 16 支土壤感測器、16 支水位感測器用於長期生態研究，每月負擔行動通訊 (4G) 費用只需 200 元，非常節省成本。

圖 5-16 名間茶園 LoRa 無線傳輸設備搭配太陽能板。

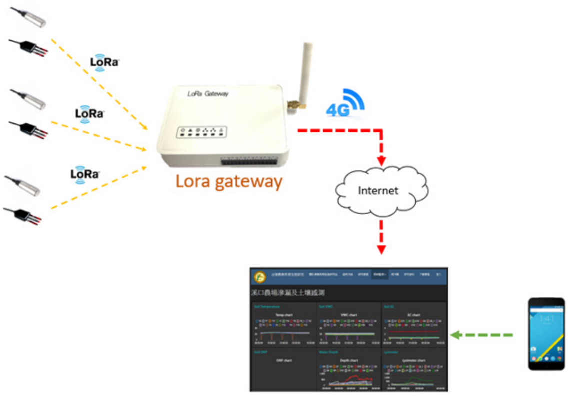


圖 5-17 LoRa 長距離無線傳輸監測系統架構。

生物炭農地施用對溫室氣體排放之影響 生物炭因原料來源與製程技術種類繁多，製成之特性與效果不一。前人研究生物炭施用可降低溫室氣體排放，然生物炭施用後會因氣候、土壤特性與農事管理而有不同結果。本研究針對甜蘿蔓園施用三種不同生物炭 (木炭、稻殼灰、炭化稻殼)、草莓園施用兩種不同生物炭 (綠竹炭、炭化稻殼) 及玉米田施用炭化稻殼不同添加量 (0%、0.15%、1%、2%、3%) 進行十次溫室氣體排放量測。甜蘿蔓園添加三種不同生物炭結果顯示 (圖 5-18)，僅稻殼灰的添加會降低氧化亞氮排放，其餘處理均會增加甲烷與氧化亞氮排放。草莓園添加兩種不同生物炭結果顯示 (圖 5-19)，兩種生物炭均會增加甲烷與氧化亞氮排放。玉米田添加不同量之炭化稻殼結果顯示 (圖 5-20)，僅施用 2% 炭化稻殼處理會降低氧化亞氮排放，其餘處理均會增加甲烷與氧化亞氮排放。由調查結果可知不同生物炭或不同施用量的添加大多會增加甲烷與氧化亞氮排放，此結果與前人研究不符，可能與土壤溫度有關，土壤溫度越高，微生物活性越大，溫室氣體排放量也越大，而對照組因土壤溫度較其他處理低 (如表 5-9、表 5-10、表 5-11)，因此其溫室氣體排放量低於其他處理。後續仍將持續調查，以了解臺灣施用生物炭對溫室氣體排放之影響。

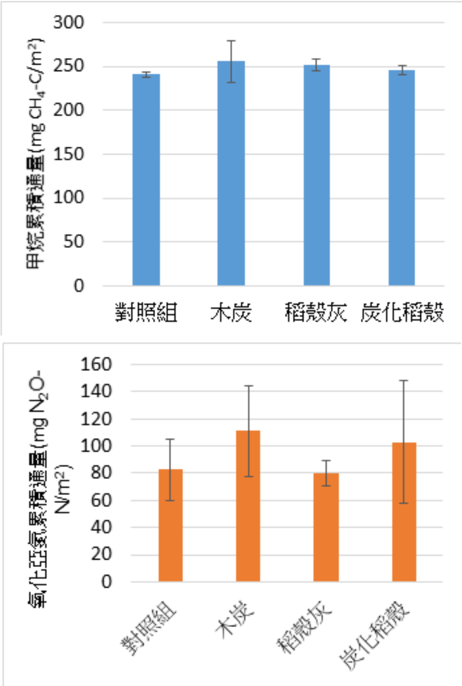


圖 5-18 施用不同生物炭之甜蘿蔓園溫室氣體排放結果。

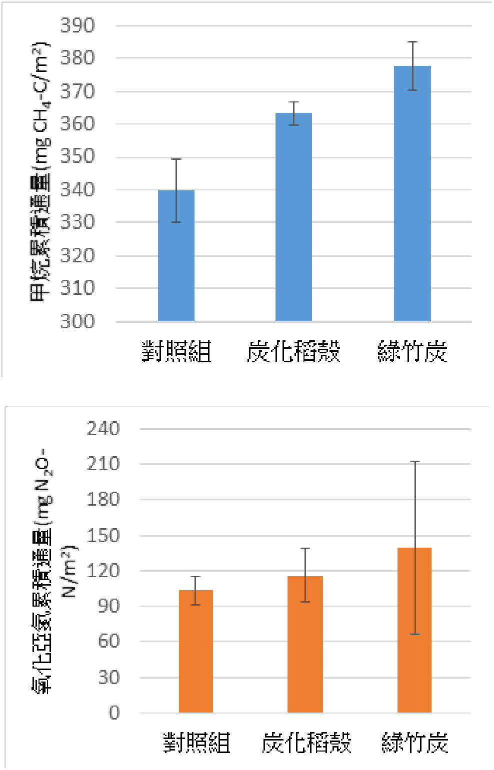


圖 5-19 施用不同生物炭之草莓園溫室氣體排放結果。

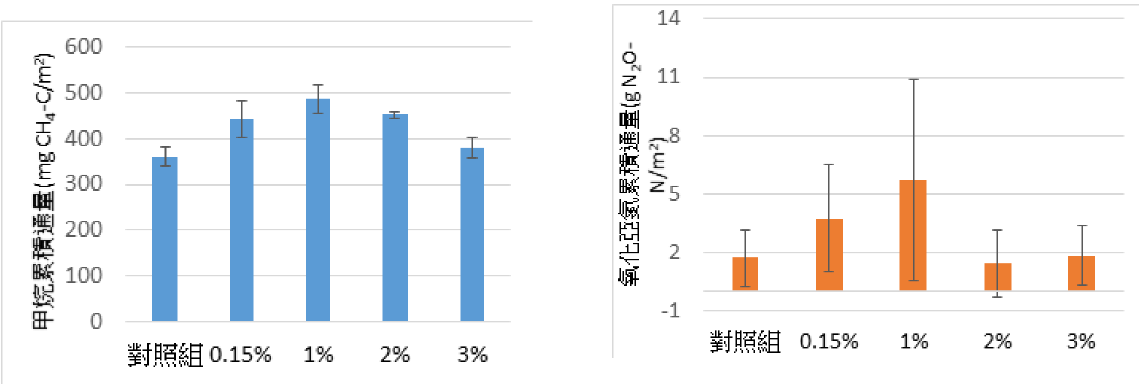


圖 5-20 施用不同添加量生物炭之玉米田溫室氣體排放結果。

表 5-9 甜蘿蔓園各處理量測時之土壤環境因子平均值

生物炭種類	生物炭施用量 (Mg/ha)	氮肥施用量 (kg/ha)	土壤溫度 (℃)	土壤水分 (%)	電導度 (μ S/cm)
對照組	0	0	29.5±4.6	9.3±1.9	106±58
木炭	20	0	33.6±5.5	12.1±2.6	264±162
稻殼灰	20	0	30.6±5.2	11.1±3.0	183±102
炭化稻殼	20	0	30.6±6.0	9.2±2.4	96±86

mean±SD.

表 5-10 草莓園各處理量測時之土壤環境因子平均值

生物炭種類	生物炭施用量 (Mg/ha)	氮肥施用量 (kg/ha)	土壤溫度 (℃)	土壤水分 (%)	電導度 (μ S/cm)
對照組	0	687.5	25.4±2.6	13.5±1.5	249±144
炭化稻殼	6	687.5	28.4±3.5	12.8±1.8	192±71
綠竹炭	6	687.5	28.6±3.3	13.9±2.2	340±30

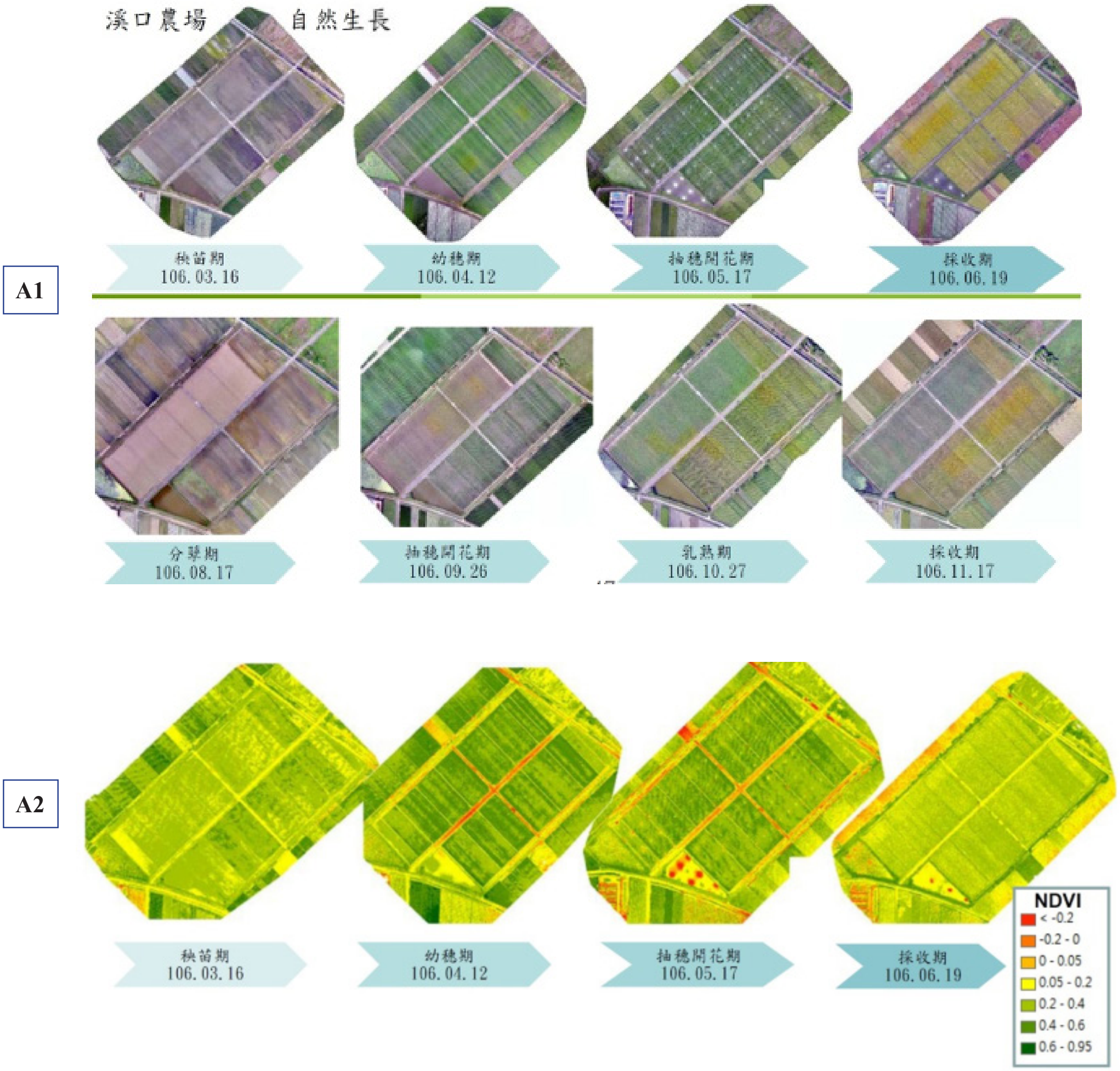
mean±SD.

表 5-11 玉米田各處理量測時之土壤環境因子平均值

生物炭種類	生物炭施用量 (Mg/ha)	氮肥施用量 (kg/ha)	土壤溫度 (℃)	土壤水分 (%)	電導度 (μ S/cm)
對照組	0	280	27.6±7.2	13.5±3.6	159±138
炭化稻殼	3(0.15%)	280	30.8±6.9	12.8±2.9	204±226
炭化稻殼	20(1%)	280	30.4±7.4	12.5±2.6	234±134
炭化稻殼	40(2%)	280	30.6±8.0	12.8±2.7	237±185
炭化稻殼	60(3%)	280	30.1±6.8	13.7±3.2	337±307

mean±SD.

農作物災損影像資料收集與資料庫建置 農作物受颱風等天然災害侵襲造成嚴重損害，政府投入許多人力進行勘災與補償，相當耗費人力、時間與金錢，因此，如何加速災害救助流程，協助農友儘快復耕成為重要課題。本計畫以農業生態系長期試驗區，應用無人飛行載具 (unmanned aerial vehicle, UAV) 蒐集水稻與易受損作物、果樹不同生長階段、人為模擬受災與實際受災下之航拍影像及地面調查資料，並研發農作物受損災情影像判釋技術，以輔助災損判釋，加速災害救助流程。為能掌握無人飛行載具航拍影像應用於不同作物之災損判釋成效，本年度延續前兩年之試驗區空拍監測作業，進行嘉義分所溪口農場 (圖 5-21 A1, A2) 與臺南改良場雲林分場 (圖 5-21 B1, B2) 長期生態研究 (long-term ecological research, LTER) 的水稻試驗田及高雄、屏東地區之香蕉、蓮霧、芒果等試驗區果樹之不同生長期及災害影像航拍，以建立影像判釋與分析之基礎。透過影像資料庫之規劃，進行航拍影像的空間圖層、詮釋資料與屬性資料的整合，並透過 Google Earth 雲端分享各作物專業區與災害監測點之影像資料庫 (圖 5-22)，提供未來應用航拍進行勘災所需之影像判釋基礎，以協助並加速災後勘災作業。



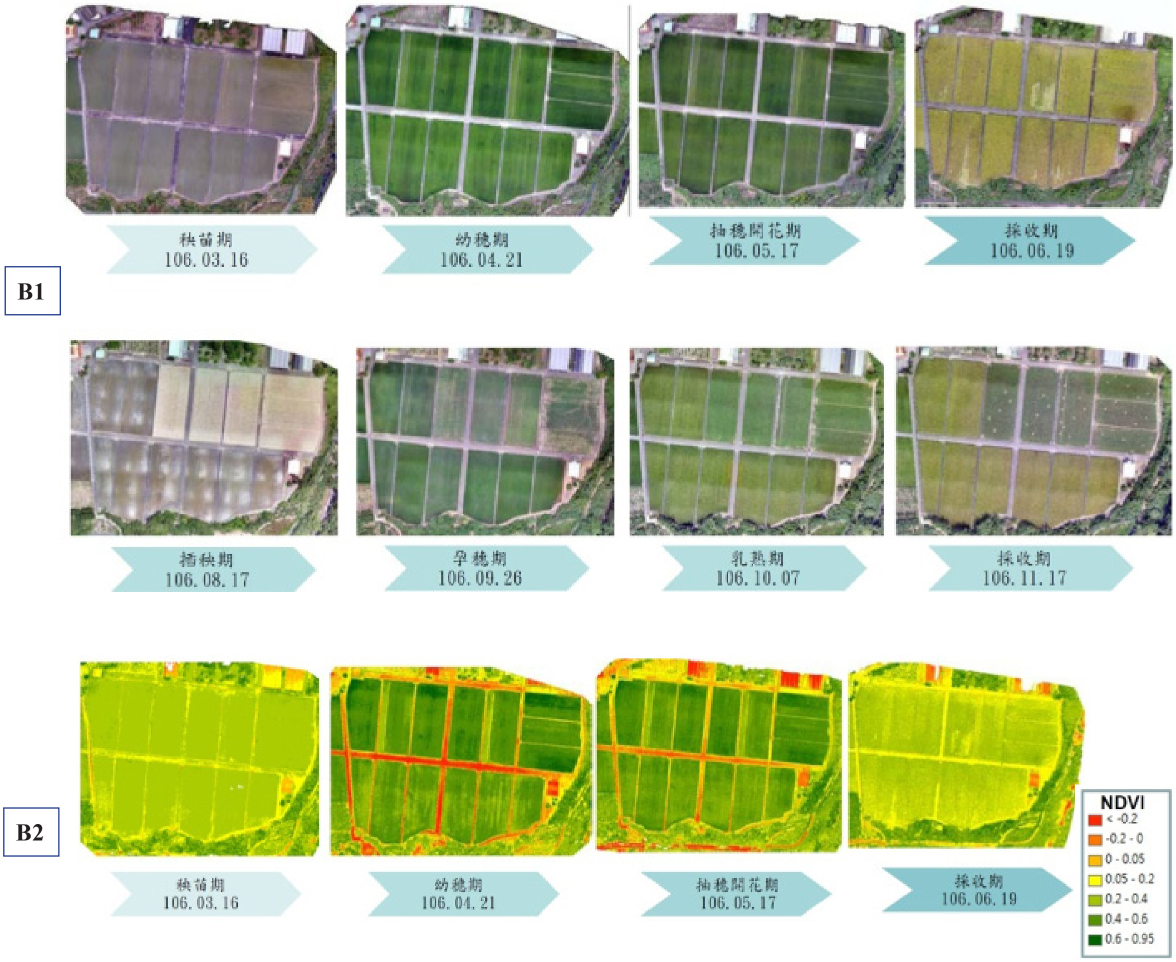


圖 5-21 災損影像判釋分析成果。(A1：嘉義分所溪口農場 - 水稻各生長期空拍影像；A2：嘉義分所溪口農場 - 水稻各生長期空拍影像分析 -NDVI；B1：臺南改良場雲林分場 - 水稻各生長期空拍影像；B2：臺南改良場雲林分場 - 水稻各生長期空拍影像分析 -NDVI)。

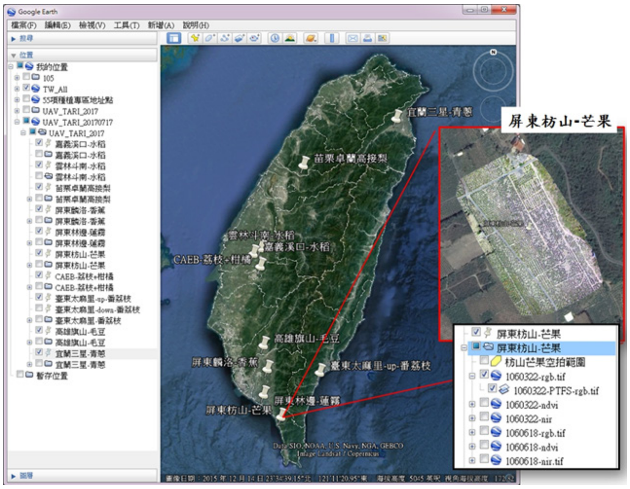


圖 5-22 Google Earth 作物專業區多時期影像資料 / 網路查詢暨展示系統。

農牧循環經營模式之環境監測 截至 107 年，全國有 418 場畜牧場取得沼液沼渣作為農地肥分使用同意，為了解畜牧肥水農地再利用對環境的影響，本計畫利用地理資訊系統（geographic information system, GIS）繪製西南部畜牧肥水農地再利用場址分布圖並套疊全臺土壤質地 (圖 5-23)，針對彰化縣與雲林縣篩選 5 處施灌密集與環境敏感區域進行地下水質與土壤品質監測。其中以位於砂質性土壤及鄰近河流之地下水監測井測得 NH_4^+-N 濃度較高且各季間變化大 (圖 5-24)，須持續監測地下水質週期性變化與土壤品質，了解再利用案增加是否會造成環境二次污染。自 93 年起，於農試所 85 號試驗田進行施用等氮量養豬肥水 (糞肥) 或化肥，每年兩期作水稻栽培試驗。依糞肥中銅、鋅平均濃度 24、63 mg/L，與質量平衡原理概估，每年土壤銅、鋅增加量分別約為 0.9、2.2 mg/kg，從分析結果顯示，連續試驗 12 年後，施用糞肥每年增加表土中銅含量約 0.6 mg/kg，而鋅含量則無顯著增加 (圖 5-25)。在植體分析結果中，化肥與糞肥處理間僅鋅含量有顯著差異，主要累積於稻稈 (圖 5-26)，因此建議在耕作一段時間後，可移除作物殘體，減少田間鋅累積。此試驗地自 105 年停止施灌糞肥，由 107 年底分析結果得知原施用糞肥之表土中銅含量有減少趨勢，將持續調查其土壤恢復能力，可作為畜牧肥水再利用案執行規範之參考。

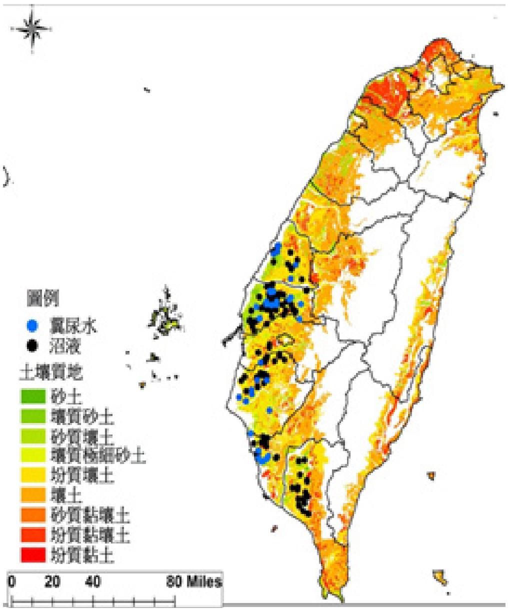
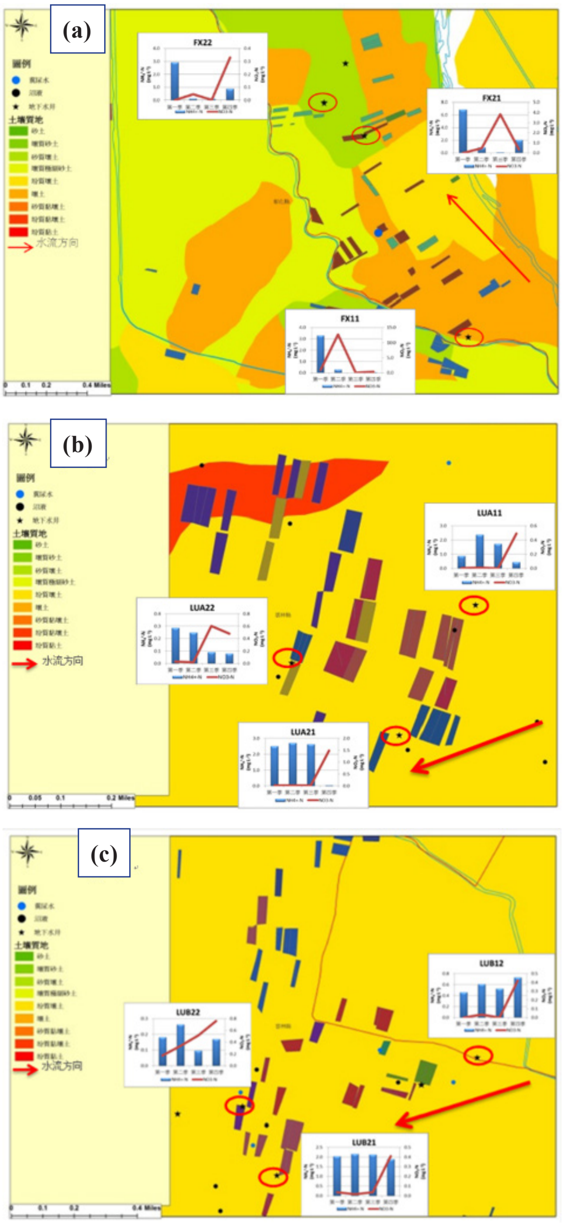


圖 5-23 全臺土壤質地與西南部畜牧肥水農地再利用場址分布圖。



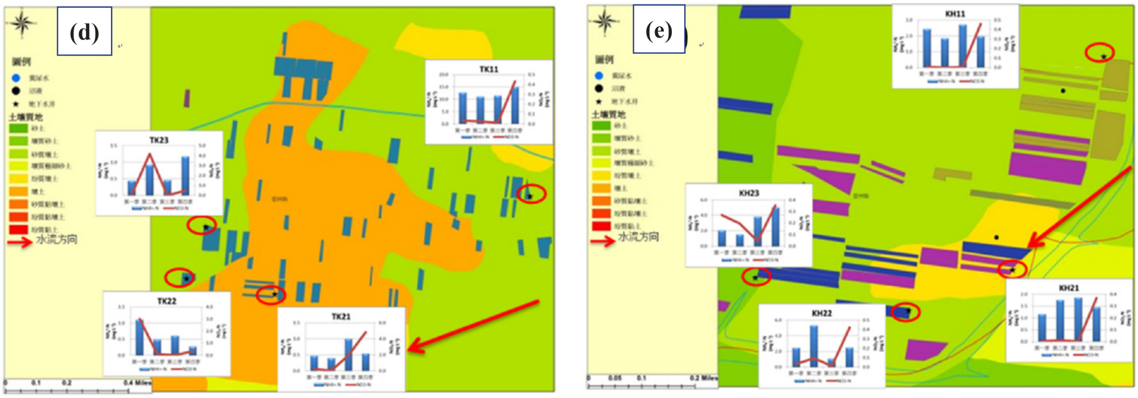


圖 5-24 5 處監測區域之施灌農地分布圖與地下水質 NH_4^+-N、NO_3-N 含量四季變化。(a) 彰化縣福興鄉 -FX；(b) 雲林縣崙背鄉西側 -LUA；(c) 雲林縣崙背鄉東側 -LUB；(d) 雲林縣土庫鄉 -TK； (e) 雲林縣口湖鄉 -KH。

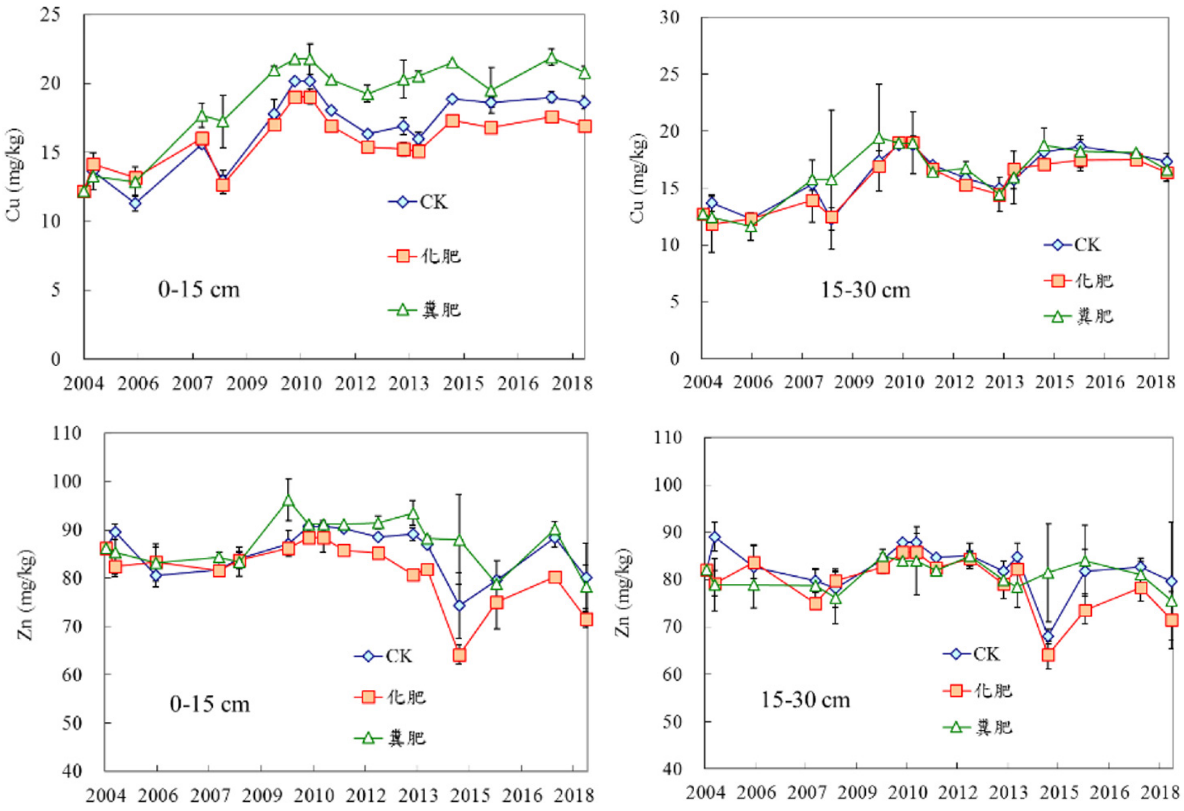


圖 5-25 農試所試驗田施用不同肥料下表土 (0~15cm) 與裏土 (15~30cm) 銅、鋅含量累積情形。

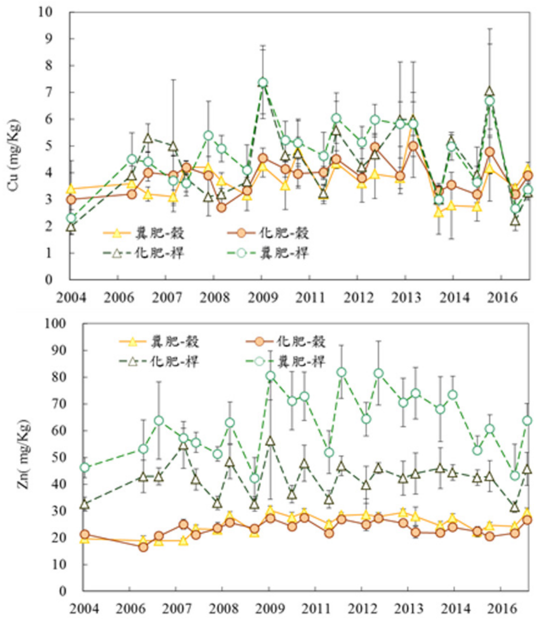


圖 5-26 農試所試驗田施用不同肥料下植體銅鋅含量分析結果。

農業長期生態研究網建置 鑑於舊版農業長期生態研究網系統老舊、開發模組已停止更新、不利於後續更新且未有資料共享功能。107 年度起進行農業長期生態研究網之重建。本次農業長期生態研究網的架構以最新版本的 Linux Ubuntu 18.04 LTE 作業系統作為伺服器，以 Drupal 8 為核心，配合 apache、Tomcat、php、MySQL 等工具建構農業長期生態研究網，並使用 Views、Google MAP、íFram、Slide、Gallary 等數個 drupal 模組，使網站的功能得以完整 (圖 5-27)。基於長期生態研究網頁架構上，橫向串聯 MetaCAT 資料管理系統及 NODE-RED 開源 IoT 開發介面，將農業長期生態研究多年來的資料、元資料，以農業長期生態研究網為核心，呈現於網頁中，方便研究人員檢索資料、查詢需要的資訊 (圖 5-28)。而 NODE-RED 開源 IoT 開發介面則將過往設計的田間無線感測網絡 (WSN) 資料收集設備整合，並達成資訊即時呈現於長期生態研究網。經由前述整合，現今僅須單一的入口網站，即可監控田間的感測器數據即時資訊，並可檢索長期生態研究多年來的研究資料 (圖 5-29)。如今農業長期生態研究網已經提供包含「農業長期生態研究站簡介」、「最新消息發布」、「研究樣區資訊」、「即時監測資料瀏覽」、「活動相片輯」、「研究資料檢索下載」、「相關應用程式及資訊下載」等功能，並有中、英雙語化界面，是農業長期生態研究未來資訊發布、資料倉儲、即時監測的重要平台 (圖 5-30)。

圖 5-27 農業長期生態研究網首頁。

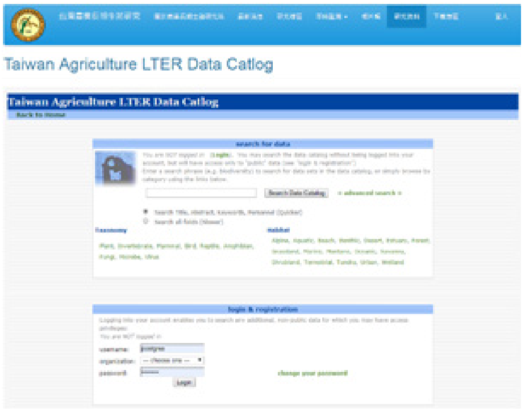


圖 5-28 農業長期生態研究站結合 MetaCAT 資料管理系統檢索畫面。

圖 5-29 農業長期生態研究網即時監測畫面。

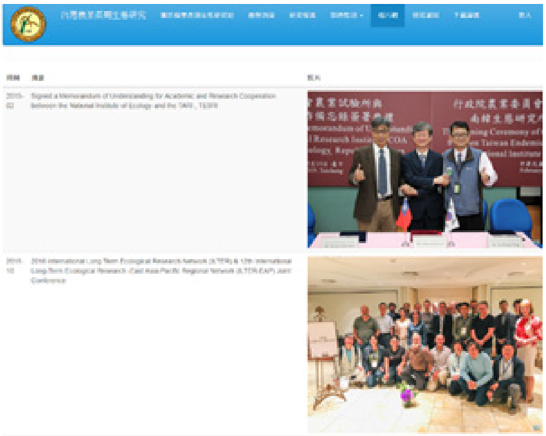


圖 5-30 相片輯收藏研究站之重要活動照片。

斗南農場耕作制度、施肥管理與氧化亞氮 (N_2O) 排放係數探討 107 年於雲林分場斗南農場，以 FTIR 分析儀 (FACE-EB3200) 與密閉罩法，對 2 種耕作制度（水稻連作 LL 區與水稻花生輪作 LU 區）、3 種氮肥等級（CK 區無施肥；1 期 SA 區 100 kg N/ha、CA 區 180 kg N/ha；2 期 LL-SA 區 80 kg N/ha、LL-CA 區 140 kg N/ha、LU-SA 區 20 kg N/ha、LU-CA 區 45 kg N/ha），及各田區 1-4 重複（CK 區無重複、LL 區 4 重複、LU 區 3 重複）、田區內佈點 3 重複，總計 16 個田區與 48 個採樣點進行監測。107 年 1 期 52 天的監測結果（圖 5-31）推算 1 期 N_2O 累積通量：LL-CK 區 0.7680、LL-SA 區 0.9724、LL-CA 區 1.0194、LU-CK 區 0.3952、LU-SA 區 0.8375、LU-CA 區 0.8842 kg N_2O-N/ha。若以 N_2O 累積通量對氮肥施用量作圖之迴歸方程式推算，則排放係數為：LL 區 0.14%、LU 區 0.28%(kg N_2O-N/kg N)；若以 N_2O 累積通量除以氮肥施用量計算，則逸散百分比為：LL 區 0.57~0.97%、LU 區 0.49~0.84%(kg N_2O-N/kg N)。107 年 2 期 55 天的監測結果（圖 5-32）推算 2 期 N_2O 累積通量：LL-CK 區 1.7343、LL-SA 區 1.6788、LL-CA 區 1.6411、LU-CK 區 1.4550、LU-SA 區 1.3809、LU-CA 區 1.2995 kg N_2O-N/ha。若以 N_2O 累積通量對氮肥施用量作圖之迴歸方程式推算，則排放係數為：LL 區 -0.07%、LU 區 -0.34%(kg N_2O-N/kg N)；若以 N_2O 累積通量除以氮肥施用量計算，則逸散百分比為：LL 區 1.17~2.10%、LU 區 2.89~6.90%(kg N_2O-N/kg N)。水田 N_2O 排放峰值發生於曬田期 (5/1~5/10、9/20~9/30)、間歇灌水初期或施穗肥後一週，花生田則發生於 8 月中至 9 月上旬，兩者土壤水分含量體積百分比皆介於 10% 至 20% 間；顯示 N_2O 排放受到氮肥與水分管理影響。

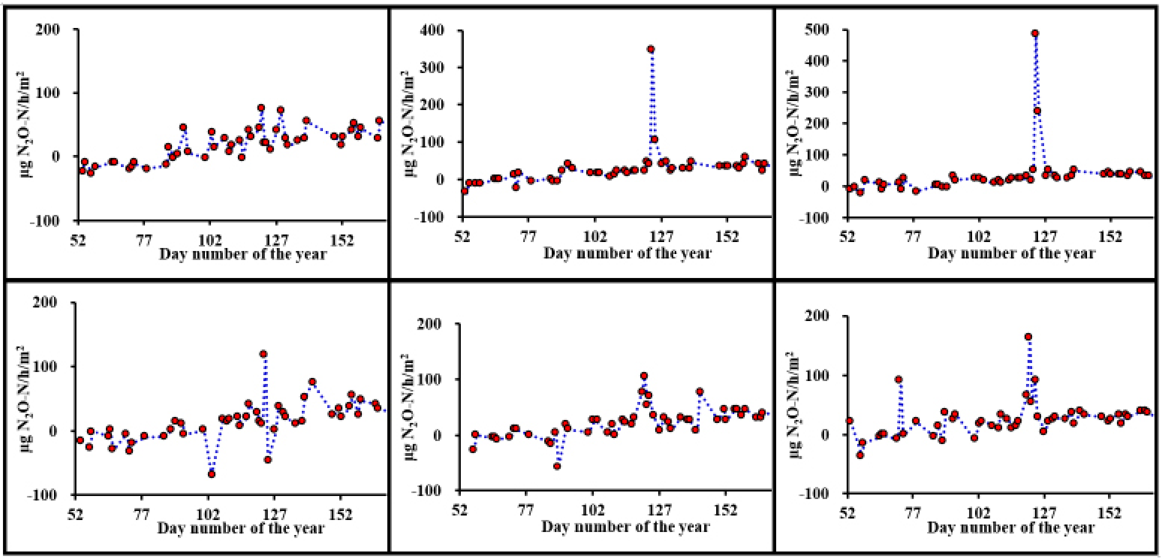


圖 5-31 107 年 1 期 N_2O 排放每日通量趨勢變化圖。
（左上 LL-CK、中上 LL-SA、右上 LL-CA、左下 LU-CK、中下 LU-SA、右下 LU-CA）

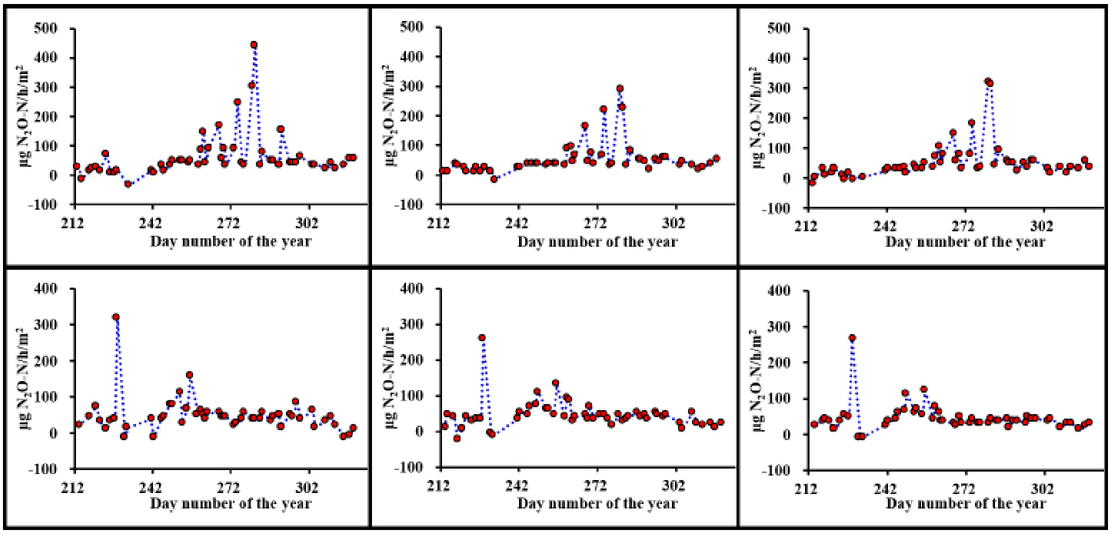


圖 5-32 107 年 2 期 N_2O 排放每日通量趨勢變化圖。
（左上 LL-CK、中上 LL-SA、右上 LL-CA、左下 LU-CK、中下 LU-SA、右下 LU-CA）

農產化學與加工

柚子皮多元化產品之研發 計畫擬建立柚皮脫苦處理之新製程並進行脫苦柚皮的活性成分分析，以評估機能性柚皮加工品之可能性。為建立柚子皮去苦味的標準製程，利用 1% 食鹽水和 0.0625~1% 的碳酸氫鈉、80~100℃ 處理柚子皮。結果顯示利用高效液相層析儀，可良好建立 4 種柚皮機能性成分之標準曲線 (表 5-12)。柚皮的柚皮苷 (naringin) 含量介於 0.69~7.68 mg g^{-1} D.W.，而檸檬苦素 (limonin 含量為 0.1~6.9 mg g^{-1} D.W.，且隨著碳酸氫鈉濃度的增加而減少，相較於新鮮柚皮，檸檬苦素降低至少 12 倍以上的量。而柚皮素 (naringenin) 及諾米林 (nomilin) 全程未被檢出 (表 5-13)。而柚皮總酚類含量分析發現其含量介於 1.56~10.76 GAE mg g^{-1} D.W.，亦且隨著碳酸氫鈉濃度的增加而減少，相較於新鮮柚皮，降低約 1/10 量。隨著碳酸氫鈉含量的增加苦味下降，至 0.125% 濃度以下即品評不出苦味口感。

表 5-12 Naringin、naringenin、limonin、nomilin 檸檬苦素物質迴歸方程式、相關係數及線性濃度 (n=3)

Compound	Regresesioin equation	R^2	Linear range(µg mL^{-1})
Naringin	573.3x+12.74	1	0.625-20
Naringenin	1115x-1.411	1	2-10
Limonin	218x-52.38	0.999	5-80
Nomilin	189.4x-150.1	0.998	50-100

表 5-13 不同處理對柚皮苷及檸檬苦素成分含量及感官品評之影響

Treatment	Naringin (mg g^{-1})	Limonin	TPC(GAE mg g^{-1})	Sensory (bitterness)
fresh	7.68±0.08	6.90±0.04	10.76±3.2	++++
Water	3.01±0.05	2.00±0.02	2.29±0.1	+++
1%NaCl	2.82±0.01	1.21±0.03	2.23±0.2	++
0.03125%$NaHCO_3$	2.70±0.03	0.43±0.01	2.00±0.3	++
0.0625% $NaHCO_3$	2.66±0.02	0.35±0.01	1.97±0.2	+
0.125% $NaHCO_3$	2.53±0.02	0.21±0.05	1.87±0.2	-
0.25% $NaHCO_3$	2.46±0.01	0.17±0.01	1.82±0.3	-
0.5% $NaHCO_3$	1.16±0.01	0.16±0.01	1.78±0.2	-
1% $NaHCO_3$	0.69±0.01	0.10±0.01	1.56±0.2	-

Unit: mg g^{-1} D.W.
Mean ± SD (standard deviation)(n=3)
TPC: Total Phenolic Content

香蕉澱粉加工與應用 香蕉富含多種有生理活性物質，尤以綠香蕉中抗性澱粉頗受矚目，但抗性澱粉易受熱加工而破壞，以致抗性澱粉含量下降，在產業中的應用性也受到限制。因此本研究主要目的為修飾香蕉澱粉，並評估其理化、結構與外觀等特性。本實驗分為兩階段進行，第一階段為設計香蕉澱粉的製備程序，依據澱粉的基本特性，分析及篩選出較佳的分離條件；第二階段提升香蕉澱粉耐熱性。實驗結果發現，SS、CA 與 NaOH 三種溶劑均可幫助香蕉澱粉的分離，其中以 NaOH 處理效果較佳，與 control 相比可顯著提升 54% 的產量與 21% 澱粉純度，並改善 ($p<0.05$) 酵素性褐變所帶來的顏色問題 ($\Delta E^*=23.24$)，且澱粉中含 64.01% 之高比例抗性澱粉。提高耐熱性香蕉澱粉處理，能有效的修飾出含高抗性澱粉比例 (98.57%) 的修飾澱粉，相較於未處理的澱粉 (NBS)，於 RVA 和 DSC 中判定為不易糊化，並可顯提升熱穩定性與改變澱粉的結晶型態、降低 ($p<0.05$) 水溶性與膨潤度以減少熱加工後抗性澱粉損失。

作物調節血壓機能性研究 - 苦瓜 苦瓜富含多酚類化合物、胜肽、三萜類等機能性成分，可作為保健食品之原料，本研究針對鳳試所提供 15 個不同品系苦瓜果實，進行機能性成分、抗氧化特性及體外血管收縮素轉化酶 (ACE) 抑制活性分析，評估其調節血壓功效，作為後續開發調節血壓保健產品之參考，亦協助育種人員篩選機能性成分含量高之苦瓜品系。分析顯示 (表 5-14)，苦瓜萃取物總酚含量 2.44~8.11 mg GAE /g ext.；水溶性蛋白質含量 0.68~5.78 mg/g ext.；總類黃酮含量 0.24~1.12 mg QE/g ext.；抗氧化能力結果顯示 (圖 5-33)，品系 BM156 的抗氧化能力最佳，其 DPPH 自由基清除力 (EC50 為 12.41 mg/mL)、FRAP 鐵離子還原力 (220.89 trolox mM/g)、及 Trolox 當量抗氧化力 (129.13 trolox mM/g) 皆為最高。體外 ACE 抑制活性結果如圖 5-34 所示，大部分苦瓜萃取物 ACE 抑制率在 60% 以上，具有良好 ACE 抑制效果。整題而言，總酚和總類黃酮等機能性成分含量高之苦瓜品系具有較好的 ACE 抑制效果，最終篩選出 3 個 ACE 抑制效果好之機能性苦瓜品系，可作為後續育種之參考方向。

表 5-14 苦瓜萃取物總酚、水溶性蛋白質、總類黃酮含量

Lines of Bitter melon	Total phenolic (mg GAE/g ext.)	C-protein (mg/g ext.)	Total flavonoid (mg QE/g ext.)
BM131	5.22±0.10	1.64±0.04	0.24±0.04
BM132	6.06±0.10	0.96±0.04	0.74±0.04
BM135	3.17±0.00	1.97±0.06	0.56±0.02
BM136	4.89±0.10	0.99±0.02	0.81±0.02
BM139	2.44±0.10	1.20±0.00	0.47±0.00
BM141	7.94±0.10	5.78±0.10	1.12±0.02
BM142	7.50±0.17	2.67±0.00	0.71±0.04
BM143	8.11±0.10	4.50±0.00	0.86±0.02
BM144	6.94±0.10	4.00±0.29	0.80±0.00
BM146	6.72±0.10	1.50±0.00	0.83±0.00
BM151	6.78±0.10	2.00±0.00	0.81±0.02
BM152	5.22±0.10	1.70±0.03	0.83±0.00
BM154	6.61±0.10	1.29±0.08	0.70±0.00
BM156	6.89±0.19	0.68±0.00	0.68±0.02
BM159	7.94±0.10	1.02±0.04	0.69±0.02

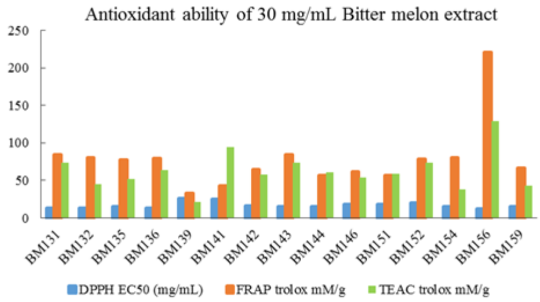


圖 5-33 苦瓜萃取物抗氧化活性 DPPH EC50、FRAP、TEAC。

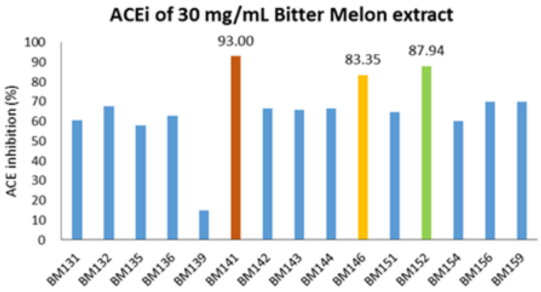


圖 5-34 苦瓜萃取物體外 ACE 抑制活性。

果仁的加值利用 - 美白原料 愛文芒果果仁 (圖 5-35) 經冷萃取的水萃物 (MKext)，高效液相層析儀 (HPLC) 分析顯示，主要酚酸成分為鞣花酸 (Ellagic acid)、熊果素 (Arbutin) 及沒食子酸 (Gallic acid)。芒果仁水萃物 (熊果素含量 5~20 μg/mL)，以 B16F10 黑色素癌細胞進行酪胺酸酶活性抑制試驗，顯示可抑制 37.3~53.0% 酪胺酸酶活性並減少 17.4~35.4% 黑色素生成，如圖 5-36 所示。水萃物抑制斑馬魚黑色素合成試驗，相對於控制組及添加濃度 150 μg/mL 熊果素 (標準品) 正控制組，添加芒果仁水萃物 (濃度相當於 30-50 μg/mL 熊果素)，能顯著抑制斑馬魚胚胎黑色素合成，如圖 5-37 所示。愛文芒果果仁具應用為皮膚美白原料之潛力。

圖 5-35 愛文芒果果仁。

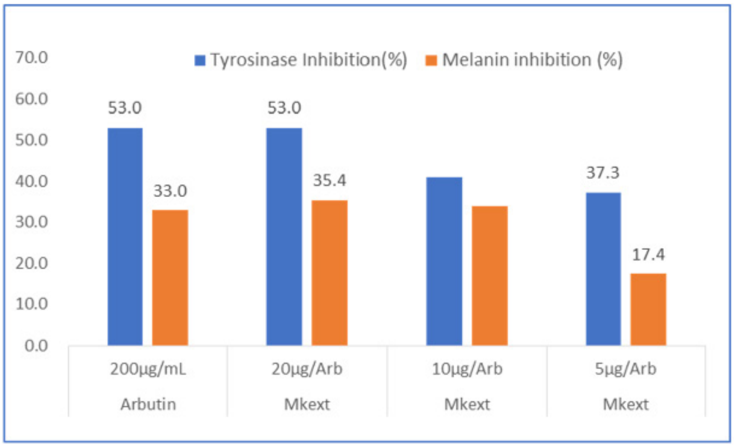


圖 5-36 芒果仁水萃物 B16F10 黑色素癌細胞酪胺酸酶活性抑制試驗。

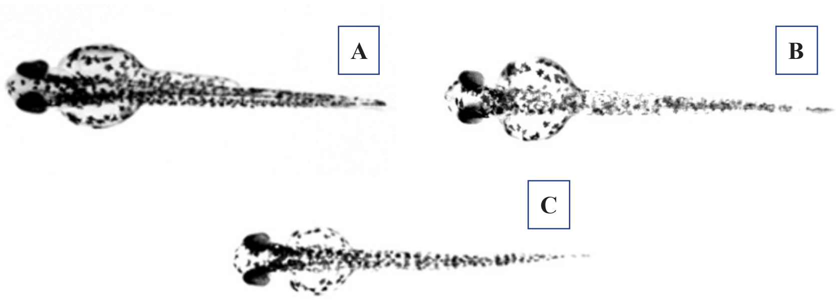


圖 5-37 芒果仁水萃物抑制斑馬魚黑色素合成試驗。
A = Arbutin 150 μg/mL(STD)；B = Mkext/ Arbutin 50 μg/mL；C = Mkext/ Arbutin 30 μg/mL

原住民農業研究

加強原住民地區土壤肥培管理技術之研究 本計畫目的為提升原住民地區農業競爭力，從土壤肥料角度切入農業生產，透過土壤分析初步瞭解在地土壤肥力。本計畫調查原鄉地區包括南投縣信義鄉 (圖 5-38)、仁愛鄉 (圖 5-39) 及高雄市桃源區 (圖 5-40) 累積 (101~107 年) 共計 828 件土壤樣本，初步建立各鄉區土壤肥力分布圖，作為輔導原鄉參考依據。本年度於南投縣仁愛鄉發祥村、力行村、南豐村、大同村、翠華村設立雞糞粒肥應用推廣試驗圃，將本所研發新型雞糞粒肥推廣應用在原鄉地區，目的為改善環境條件取代施用生雞糞，造粒之雞糞粒肥不但減少農業廢棄物同時兼顧循環再利用政策，提升農業經濟效益。雞糞粒肥造粒過程經過高溫殺菌屬安全農業資材，全氮：磷酐：氧化鉀 =3：3：3，有機質 80%，緩效性有利於石礫地，農友表示無臭味、可直接追肥不傷根、粒狀方便撒施有助於操作管理省時省力，新型雞糞粒肥在田間應用上獲得農友好評。訓練講習方面於原鄉地區 (南投仁愛鄉、高雄市桃源區及那瑪夏區) 辦理土壤分析服務三場次及南投縣仁愛鄉辦理循環農業資材應用觀摩講習一場次，於原鄉部落辦理訓練講習有效促進農業資訊傳播及技術交流。

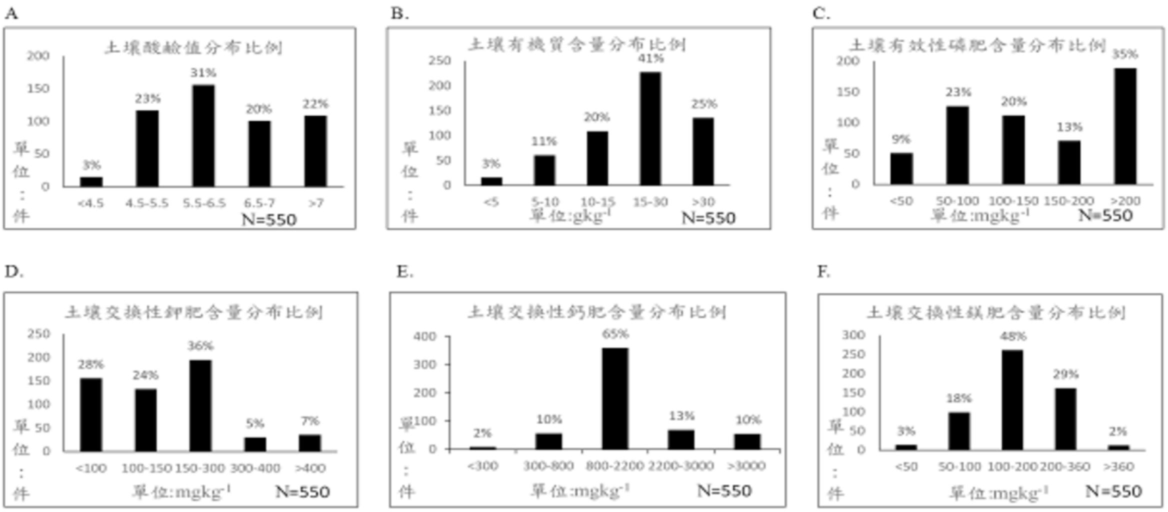


圖 5-38 信義鄉原住民地區（民國 101-107 年）土壤肥力分析報告。

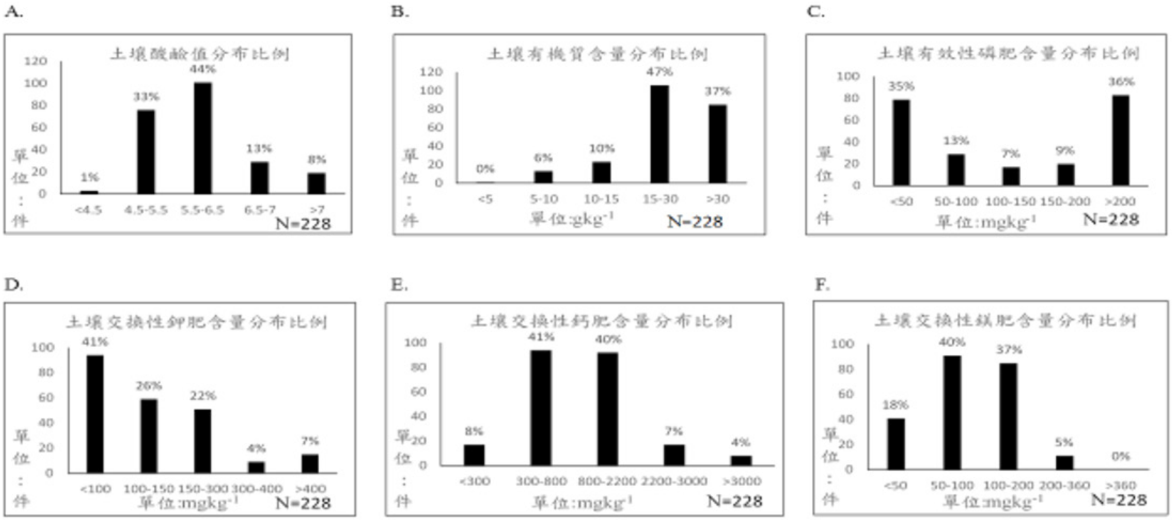


圖 5-39 仁愛鄉原住民地區（民國 102-107 年）土壤肥力分析報告。

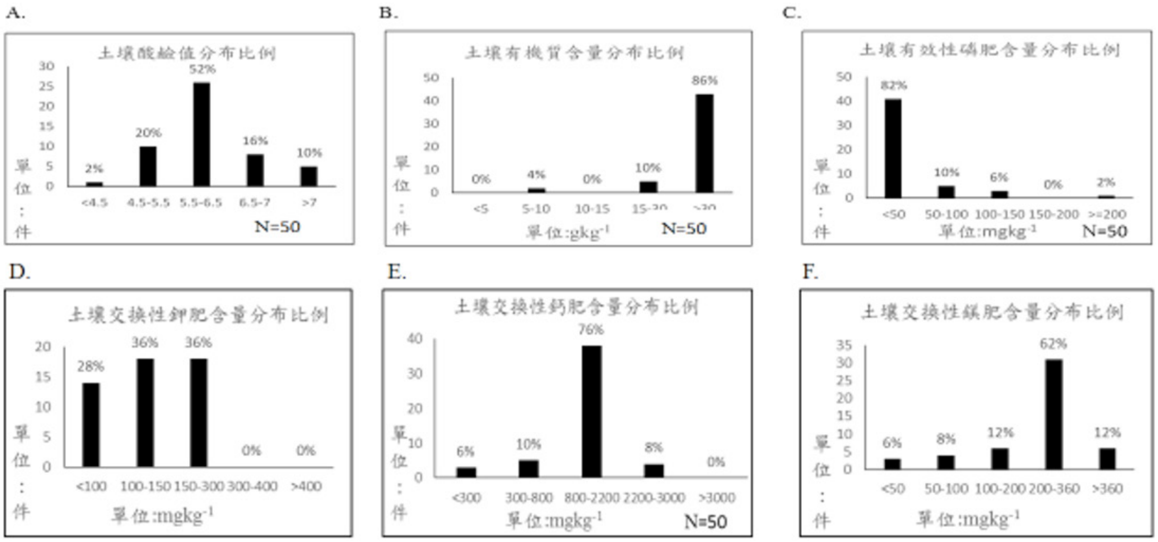


圖 5-40 桃源區原住民地區（民國 107 年）土壤肥力分析報告。

原鄉特色作物栽培管理技術之研究 本計畫目的為提升原鄉地區特色作物栽培技術，促進在地農業競爭力。段木香菇與愛玉子為原鄉最具特色之作物。原鄉林地天然環境良好，氣候條件栽培段木菇類具先天優勢，但在實際管理上有所落差，部落菇農管理方法依照過去經驗或口耳相傳知識，因無法因應實際狀況進行調整，其產量不如預期，造成人力、財力之損失，本計畫透過部落現地辦理段木菇類講習會，建立段木香菇栽培標準流程推廣手冊，推廣使菇農獲得正確的栽培管理知識，並透過定期現地指導提升菇農栽培技術，進而增進其產量。高雄市桃源區愛玉子逐年朝向集約式人工栽培，由於不對等之雌雄株比例，影響授粉小蜂生育族群，造成愛玉子授粉結果率低，因此常出現落果的情況，集約式管理，需要適時整枝修剪促進萌芽外，增加通風性減少病蟲害同時亦增加防治效率，提升愛玉子生長勢，本年度於辦理 2 場次之愛玉子栽培管理講習配合現場有機資材配置，現階段除了生產面的技術導入外，未來亦規劃採收後處理之課程，有效提升栽培技術加上標準化採收後處理，穩定品質與產量，為原鄉相當具潛力之特色作物。

原鄉柑桔產業經營輔導與技術推廣 獅潭地區執行兩年這期間要求農民配合依照健康管理生產技術要求進行，一方面可降低農民生產過程中農業資材耗損，是以採收期前 1~2 個月均建議以非化學資材做為防護使用，確保作物安全無農藥殘留；另外本研究針對獅潭鄉地區農民訓練需求發展實證調查，樣本來源以苗栗縣獅潭鄉為主要，本次發放 30 份問卷扣除 1 份為無效問卷，有效問卷為 29 份，依據問卷內容進行分析。

1. 受訪者個人特質：有 60% 受訪者為男性；年齡層上以 51~55 歲居多佔 30%，31~40、41~50 歲各佔 23.3%；在教育程度上則以國小及以下佔多數為 26.7%，高中職與大專 (含以上) 各佔 23.3%；另外從事農業務農年資來看以 1~10 年居多佔 53.3%。

2. 經營者特性分析：就整體而言兩者比例相當果樹佔 43.3%，蔬菜 (草莓) 佔 40%，另外亦有少部分雜糧作物僅佔 10%；農產品驗證的取得上，約有 30% 的受訪者曾經取得，例如吉園圃、產銷履歷、有機等農產品相關驗證，其中吉園圃 3 人次、產銷履歷 4 人次、有機 2 人次，未取得任何農產品驗證的受訪者達 26.7%；農產品主要銷售方式以農會 (合作社) 共同運銷為主佔 36.7%，再者為自行銷售 (直銷)33.3%，最後貿易商 (盤商) 佔 20%。

3. 訓練發展特性分析：另外由農業相關專業教育訓練的參與經驗來看，完全未參加過任何農業專業教育訓練的受訪者佔 23.3%，而曾經參與過農業教育訓練的受訪經營者中，以曾經參加過「產銷班」舉辦的訓練活動者居多佔 53.3% 有 16 人次；另外參加改良場、大專院校、農會所辦理的訓練僅有 6 人參加 (20%)，由此可知參加過農業專業教育訓練活動的受訪者遠高於無受訓經驗受訪者。

在農產品驗證的取得上，約有 30% 的受訪者曾經取得，例如吉園圃、產銷履歷、有機等農產品相關驗證，其中吉園圃 3 人次、產銷履歷 4 人次、有機 2 人次，未取得任何農產品驗證的受訪者達 26.7%，大部分以蔬菜 (草莓) 栽培受訪者居多，由此可得知推廣農產品品質驗證，尚有待努力的空間。農產品主要銷售方式以農會 (合作社) 共同運銷為主佔 36.7%，再者為自行銷售 (直銷)33.3%，最後貿易商 (盤商) 佔 20%；其中果樹 (桶柑) 主要以 (農會 (合作社) 共同運銷、貿易商 (盤商)) 為主；蔬菜 (草莓) 以自行銷售 (直銷) 為主，由此可得知不同作物類別品項對於銷售通路要求並非相同。